

**BRUNO IVAN SIMIONI**

**CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTAR DA PLATAFORMA INTERNA RASA DO  
EXTREMO SUL DO LITORAL DE SÃO PAULO**

Monografia apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Oceanografia com Habilitação em Gestão Costeira, Centro de Estudos do Mar, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Alvim Veiga

PONTAL DO PARANÁ

2007

# SUMÁRIO

<b>SUMÁRIO</b>	<b>II</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>III</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b>	<b>V</b>
<b>RESUMO</b>	<b>VI</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>VII</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1 OBJETIVOS	2
1.2 TERMINOLOGIA ADOTADA.	2
1.3 LOCALIZAÇÃO	3
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>4</b>
2.1 CONCEITO DE MARGENS CONTINENTAIS E PLATAFORMAS CONTINENTAIS.	4
2.2 SEDIMENTOS	5
2.3 APORTE DE SEDIMENTOS NA PLATAFORMA INTERNA.	7
2.4 SEDIMENTAÇÃO EM PLATAFORMAS CONTINENTAIS	9
2.5 O CONCEITO DE EQUILÍBRIO EM PLATAFORMAS CONTINENTAIS.	11
2.6 O CONCEITO DE SELEÇÃO PROGRESSIVA.	13
2.7 PADRÕES DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS.	15
<b>3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.</b>	<b>17</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PLANÍCIE COSTEIRA DO PARANÁ.	17
3.2 CARACTERÍSTICAS SEDIMENTARES DA PLANÍCIE COSTEIRA DO ESTADO.	18
3.3 ARARAPIRA E REGIÃO ADJACENTE.	19
3.4 PARÂMETROS OCEANOGRÁFICOS E METEOROLÓGICOS.	21
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS.</b>	<b>24</b>
4.1 COLETA DE SEDIMENTOS DE FUNDO.	24
4.2 ANÁLISES SEDIMENTOLÓGICAS.	25
4.3 PROCESSAMENTO DOS DADOS.	26
4.4 TENDÊNCIAS DE TRANSPORTE DE MATERIAL.	26
<b>5 RESULTADOS.</b>	<b>27</b>
5.1 CARACTERÍSTICAS SEDIMENTARES.	27
5.2 TENDÊNCIAS DE TRANSPORTE DE MATERIAL.	35
<b>6 DISCUSSÃO.</b>	<b>38</b>
<b>7 REFERÊNCIAS.</b>	<b>46</b>

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.2.1 - TERMINOLOGIA PROPOSTA POR ANGULO (2006).....	3
FIGURA 1.3.1 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	4
FIGURA 2.2.1 - FONTES DE SEDIMENTOS NAS BACIAS OCEÂNICAS (FONTE: TEIXEIRA ET AL, 2000).....	7
FIGURA 2.3.1- DINÂMICA DE DESEMBOLCADURA DE RIOS. A MAIOR PARTE DA AREIA DESPEJADA É RETIDA NOS DELTAS DA DESEMBOLCADURA, SENDO ENTÃO TRANSPORTADOS PARA A COSTA PELAS CORRENTES DE DERIVA LITORÂNEA. AREIA FINA, MUITO FINA, SILTE E ARGILA SÃO TRANSPORTADOS PELA PLUMA ATÉ A PLATAFORMA INTERNA. (FONTE: MODIFICADO DE SWIFT & THORNE, 1991).....	8
FIGURA 2.3.2- ESQUEMA REPRESENTATIVO DA RELAÇÃO ENTRE AS CORRENTES, O TRANSPORTE E A DISPOSIÇÃO DE MATERIAL EM SUSPENSÃO EM UMA COSTA SEM RIOS IMPORTANTES. A – MECANISMOS BÁSICOS PRESENTES. B – DIAGRAMA DO SISTEMA DE DISPERSÃO ILUSTRANDO A SELEÇÃO PROGRESSIVA. (FONTE: VEIGA, 2006 MODIFICADO DE SWIFT & THORNE, 1991). ....	9
FIGURA 2.5.1 - REPRESENTAÇÃO DE DUAS SITUAÇÕES ENTRE A RELAÇÃO DAS VARIÁVEIS Q/P NO PERFIL DA PLATAFORMA CONTINENTAL. A – UM AUMENTO NO APORTE DE SEDIMENTOS (Q) ONDE O PERFIL DA PLATAFORMA SE TORNA MAIS RASO. B – UM AUMENTO NA FORÇA DE TRANSPORTE DOS SEDIMENTOS (P),.....	12
FIGURA 2.5.3 - FORMA DE UM CRESCENTE PRISMA DE SEDIMENTO NA MARGEM CONTINENTAL: OS NÚMEROS INDICAM AS SUCESSÕES DEPOSICIONAIS DE ACORDO COM A LINHA DE TEMPO (FONTE: VEIGA, 2006 MODIFICADO DE SWIFT & THORNE, 1991). ....	12
FIGURA 2.6.1 – MODELO DE MARKOV PARA SELEÇÃO PROGRESSIVA. A – PERFIL DA PLATAFORMA B – CHAVE DE MARKOV, C – DISTRIBUIÇÃO DA FREQUÊNCIA DE TAMANHOS DE GRÃOS D – VARIAÇÃO MÉDIA E DESVIO PADRÃO DOS DADOS. (FONTE: VEIGA, 2006). ....	15
FIGURA 3.3.1- REGIÃO DO ARARAPIRA(FONTE: GOOGLE EARTH).....	20
FIGURA 3.4.1 - MÉDIA DAS INTENSIDADES (M/S) E DIREÇÕES DO VENTO JAN/FEV 2007. ....	21
FIGURA 3.4.2- IMAGEM DO SATÉLITE LANDSAT7-ETM+ DE 26/09/1999 (MODIFICADO DE NOERNBERG, 2001). ....	23
FIGURA 4.1.1 - PONTOS DE AMOSTRAGEM DE SEDIMENTO. ....	24

FIGURA 4.1.2 - EQUIPAMENTO TIPO BUSCA A FUNDO (VAN VEEN) UTILIZADO PARA A COLETA DE SEDIMENTOS.....	25
FIGURA 5.1.1– MÉDIA GRANULOMÉTRICA DA ÁREA DE ESTUDO. AG – AREIA GROSSA, AM – AREIA MÉDIA, AF – AREIA FINA, AMF – AREIA MUITO FINA, SG – SILTE GROSSO, SM – SILTE MÉDIO, SF – SILTE FINO. ....	28
FIGURA 5.1.2 – PORCENTAGENS DE AREIA NOS SEDIMENTOS NA ÁREA DE ESTUDO.....	29
FIGURA 5.1.3 – PORCENTAGENS DE SILTE E ARGILA NOS SEDIMENTOS COLETADOS.....	30
FIGURA 5.1.4 – DIAGRAMA DE SHEPARD CONTENDO AS CLASSIFICAÇÕES NOMINAIS DOS SEDIMENTOS ANALISADOS. ....	31
FIGURA 5.1.5 – COEFICIENTE DE SELEÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO. MPS – MUITO POBREMENTE SELECIONADO. PS – POBREMENTE SELECIONADO. MS – MODERADAMENTE SELECIONADO. BS – BEM SELECIONADO. MBS – MUITO BEM SELECIONADO. ....	32
FIGURA 5.1.6 – VALORES DE ASSIMETRIA PARA A REGIÃO ESTUDADA. MP – MUITO POSITIVA, P – POSITIVA, AS – APROXIMADAMENTE SIMÉTRICA, N – NEGATIVA, MN – MUITO NEGATIVA.....	33
FIGURA 5.1.7 – TEORES DE CARBONATO TOTAL. ....	34
FIGURA 5.1.8 – TEORES DE MATÉRIA ORGÂNICA.....	35
FIGURA 5.2.1 – VETORES DE TRANSPORTE SEDIMENTAR CALCULADOS PELO PROGRAMA GSTA. AG – AREIA GROSSA, AM – AREIA MÉDIA, AF – AREIA FINA, AMF – AREIA MUITO FINA, SG – SILTE GROSSO, SM – SILTE MÉDIO, SF – SILTE FINO. ....	36
FIGURA 5.2.2 – VETORES DE TRANSPORTE SEDIMENTAR CALCULADOS PELO PROGRAMA GSTAST. AG – AREIA GROSSA, AM – AREIA MÉDIA, AF – AREIA FINA, AMF – AREIA MUITO FINA, SG – SILTE GROSSO, SM – SILTE MÉDIO, SF – SILTE FINO. ....	37
FIGURA 5.2.1 – MAPA DE FÁCIES COM OS PADRÕES SEDIMENTARES ENCONTRADOS.....	39
FIGURA 5.2.2 – HISTOGRAMAS DO PADRÃO I E PADRÃO III RESPECTIVAMENTE. ....	40
FIGURA 5.2.3 – HISTOGRAMAS DO PADRÃO II.....	40
FIGURA 5.2.4 – HISTOGRAMAS OBSERVADOS NO PADRÃO IV.....	41
FIGURA 5.2.5 – HISTOGRAMAS ENCONTRADOS NOS SEDIMENTOS DE PADRÃO V.....	42

## LISTA DE TABELAS

TABELA 2.2.1 - QUANTIDADES ESTIMADAS DE SEDIMENTOS TRANSFERIDOS DOS CONTINENTES PARA OS OCEANOS (FONTE: ALVEIRINHO DIAS, 2004A). .....	6
---	---

## RESUMO

As características atuais da região costeira são resultantes das constantes alterações morfodinâmicas às quais as costas estão sujeitas e da herança geológica marcada por oscilações no nível médio do mar durante o Quaternário. O reflexo destes processos pode ser observado nos sedimentos presentes na região das plataformas e, as características deste material permitem uma série de análises fundamentais para a melhor compreensão das dinâmicas atuais e passadas nesta região. O presente estudo teve como objetivo analisar as características sedimentares de uma região das plataformas denominada plataforma interna rasa, delimitada entre a zona de surfe até aproximadamente três milhas da costa, definida a fim de conhecer as características do fundo na área de abrangência do projeto de implantação de recifes de recrutamento larval e anti-arrastos. A área de estudo localiza-se em frente ao esporão arenoso do Arapira, porção meridional da Ilha do Cardoso, extremo norte do litoral do Estado do Paraná, próxima à desembocadura do Mar do Arapira. As coletas foram realizadas com o auxílio de equipamento busca a fundo durante o mês de janeiro de 2007 e os parâmetros analisados foram a média granulométrica, os coeficientes de seleção e assimetria, matéria orgânica e carbonato total, a partir dos quais foram gerados mapas de distribuição dos parâmetros e mapas de tendência de transporte de sedimentos. Os resultados indicam predominância de areia muito fina a fina em toda a área de estudo. Também foi observada a presença de siltes grosso a fino a partir dos aproximados 10 metros de profundidade, sugerindo que o material fino proveniente em grandes quantidades dos estuários adjacentes tenha condições de ser sedimentado nesta região. Porções de areias médias a grossas foram encontradas, sendo considerados como sedimentos relíquia de períodos em que o nível do mar estava abaixo do atual. As taxas de matéria orgânica e carbonato total variam de 0% a 12% em toda a área, sendo que as mais altas taxas estão associadas aos siltes grosso e fino. A partir dos dados obtidos, foi possível definir seis padrões de fácies distintos, divididos principalmente pela média granulométrica, grau de seleção e assimetria. A análise de tendência de transporte de sedimentos indicou uma movimentação preferencial do material de sul para norte, corroborando os dados de deriva predominante descrita por outros autores.

## ABSTRACT

The actual coastal zone characteristics are a result of the constant morphodynamics changes to which coasts are subject and of the geological inheritance marked by sea-level oscillations during the Quaternary. The reflex of these processes can be observed in the sediments present on the platforms region and the characteristics of these materials allow some fundamental analysis that lead to a better comprehension of the actual and past dynamics on this region. The present study objectives the analysis of the sedimentary characteristics of a platform region denominated shallow inner shelf, bounded between the surf zone and approximately three miles from the coast, set to know the bottom characteristics in the coverage area of the larval recruitment artificial reef and anti-trawling implementation project. The study area is set in front of the Ararapira's sandy barrier, southern portion of Cardoso Island, far north of Paraná State's littoral, next to the Ararapira lagoonal mouth. The samplings were made during January 2007 with the help of a bottom sampler and the analyzed parameters were the grains mean-size, sorting and skew coefficients, organic matter and total carbonate, from which distributional parameter maps and sediment trends transport maps were generated. The results indicate very fine and fine sand predominance all over the area. There is also the presence of coarse and fine silt from approximately the 10 meters depth, suggesting that the great quantity of fine material from the adjacent estuaries have conditions to sediment on this region, understood as the limit of mean base wave interactions with the bottom. Coarse and medium sand have been found where currents energy is not capable to transport this kind of sediment, considering it as relic sediment from low-level sea period. The percentages of organic matter and total carbonate varied from 0% to 12% over the area, and the highest percentages are related to coarse and fine silt. From the obtained data, it was possible to define six sediment patterns, considering mean size, sorting and skew coefficient. The analysis of sediment transport trends indicate the material being transported from south to north, corroborating the drift data from other authors.

# 1 Introdução

Os oceanos contêm a história do nosso planeta, de onde pode ser extraído um passado de alterações climáticas, tectônicas, físicas, químicas e biológicas, cujas implicações no comportamento dinâmico e estrutural da crosta oceânica, na mutação dos ciclos sedimentares e das massas da água, têm sido amplamente comprovadas e documentadas ao longo do registro geológico (DIAS & FIGUEIREDO JR, 2004).

Desde o passado remoto até os dias atuais, a região costeira está sujeita a constantes alterações morfodinâmicas resultantes dos processos continentais e oceânicos. Estes processos englobam os movimentos tectônicos, as oscilações do nível do mar, a dinâmica erosiva e deposicional associada à ação de ondas, bem como as marés, correntes e as ações fluvial, glacial e eólica. A cobertura sedimentar atual da plataforma continental reflete a natureza predominante de seus componentes sob a ação de transporte e retrabalhamento promovidos por atividades hidrodinâmicas e pelos efeitos das oscilações eustáticas do nível do mar (SILVA et al, 2004).

Alguns materiais existem sob a forma de partículas ou grãos, sendo o tamanho desse material (granulometria) uma das suas principais propriedades físicas. Os dados granulométricos permitem: a caracterização dos sedimentos, correlacionar sedimentos de áreas diferentes, inferir tendências de transporte e deposição (SUGUIO, 1973).

O conhecimento da plataforma interna rasa é importante para o estudo da evolução das barreiras holocênicas e pleistocênicas, em análises sobre a acreção e erosão de praias que devem considerar a dinâmica de sedimentos entre a praia e a plataforma, além de projetos de alimentação artificial de praias ou exploração de jazidas submersas de areia (VEIGA et al, 2005).

O presente estudo tem por finalidade realizar a caracterização sedimentar e analisar as tendências de transporte de sedimento da plataforma interna rasa em frente ao esporão arenoso do Ararapira, porção meridional da Ilha do Cardoso, extremo norte do litoral do estado do Paraná.



## 1.1 Objetivos

O objetivo do presente estudo é caracterizar sedimentologicamente a plataforma continental interna rasa da região do esporão do Ararapira, entre os estados do Paraná e de São Paulo, sendo os objetivos específicos:

Determinar as características granulométricas, e as porcentagens de carbonato total e de matéria orgânica presentes nos sedimentos.

Gerar mapas dos parâmetros granulométricos analisados.

Gerar mapas de vetores de tendências de transporte de material na região.

## 1.2 Terminologia adotada.

Há uma grande quantidade de denominações adotadas para se referir à região da plataforma estudada. No entanto existe a necessidade de adotar uma terminologia simplificada que possa ser adequada aos trabalhos semelhantes já realizados.

Segundo Veiga (2006) alguns autores definem a região como *shoreface*, iniciando após a zona de surfe até o limite em que as ondas de bom tempo freqüentemente interagem com o fundo, o que pode variar dependendo da dinâmica, gradiente e características do fundo locais. Para Angulo (1996) a região de plataforma pode ainda ser subdividida, sendo o limite superior da antepraia, ou o início da zona de arrebentação, até a transição litoral costa afora (*transition-offshore*), ou média da base das ondas de bom tempo, denominada face litorânea (*shoreface*). A transição litoral costa afora se estenderia até a média da base das ondas de tempestades, passando então a ser denominada costa afora (*offshore*) ou plataforma continental (figura 1.3.1).

Para simplificar o presente estudo adota-se, assim como em Veiga (2006), a terminologia **plataforma interna rasa** para definir a região estudada. Esta seria delimitada entre a zona de surfe até, aproximadamente, três milhas da costa, tendo sido definida a fim de conhecer as características do fundo na área de abrangência do projeto de implantação de recifes de recrutamento larval e anti-arrastos do litoral paranaense.

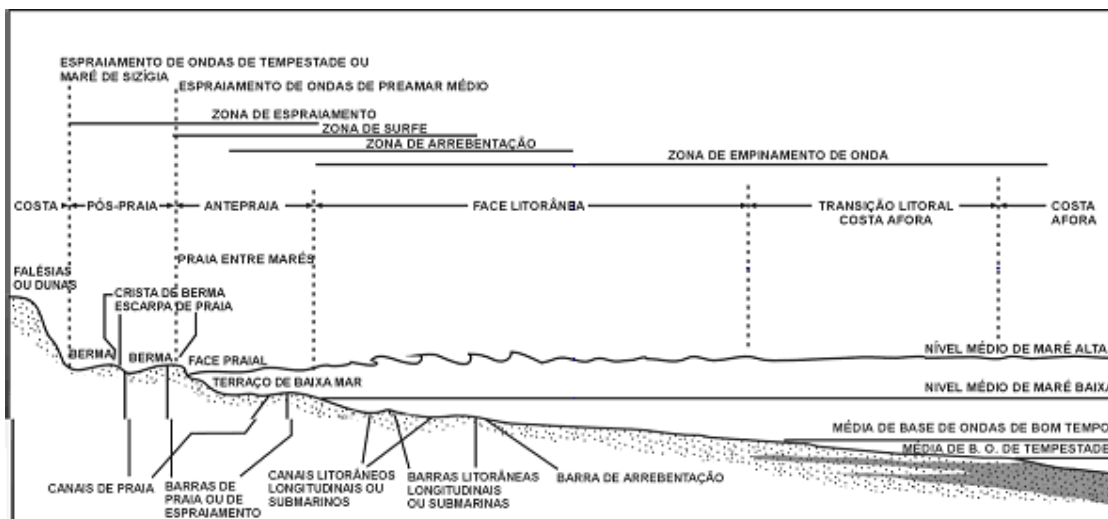


Figura 1.2.1 - Terminologia proposta por Angulo (2006)

### 1.3 Localização

A área do presente estudo (figura 1.4.1.) está situada em frente ao esporão do Ararapira, entre a desembocadura lagunar do Ararapira (MIHÁLY & ANGULO, 2002) (a sul) e a divisa entre a Ilha do Superagüi e Cananéia (ao norte). Existem ainda duas ilhas nas proximidades da área, Ilha da Figueira (a sul da área) e Ilha do Castilho (a leste da área).

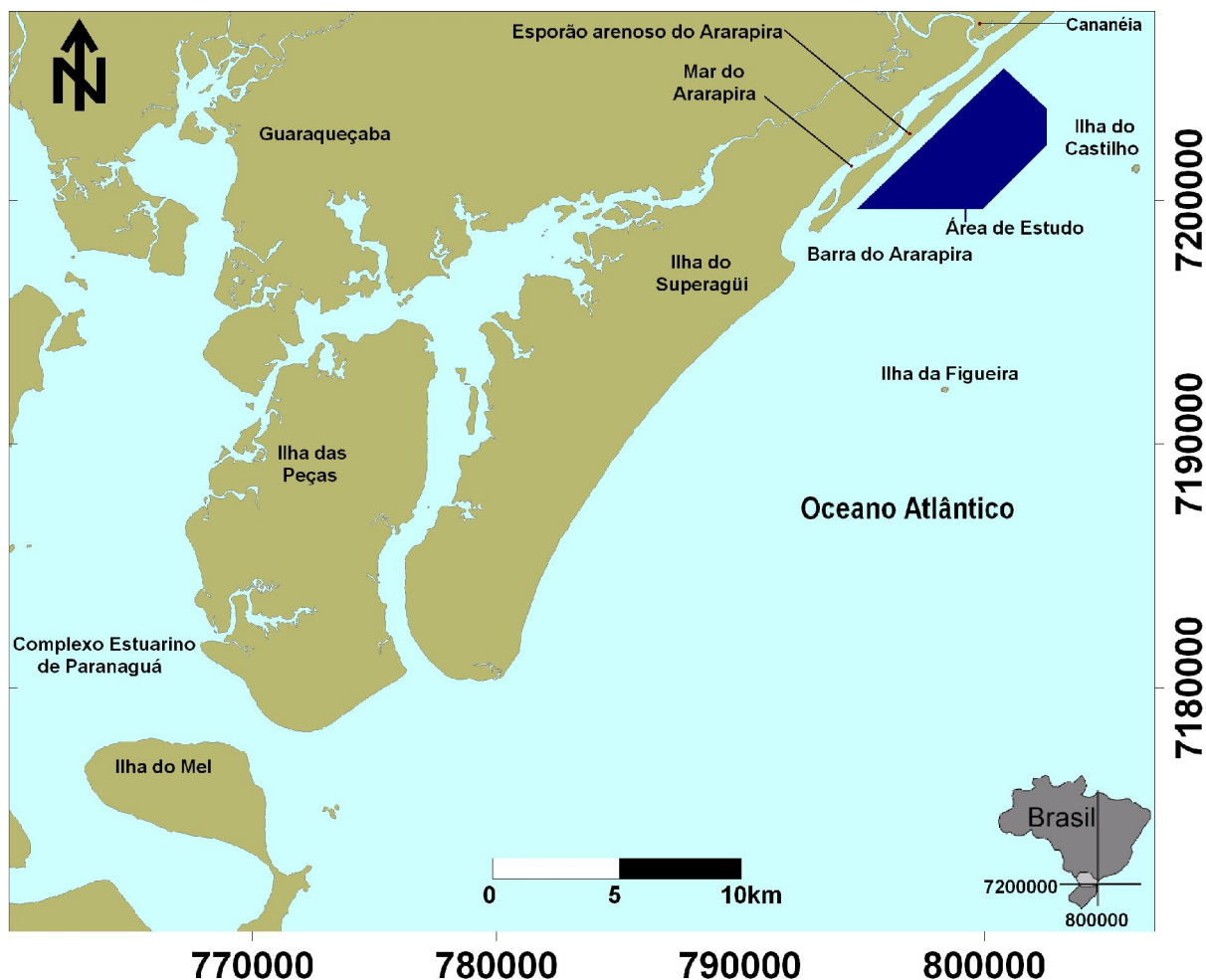


Figura 1.3.1 - Localização da área de estudo

## 2 Fundamentação teórica

### 2.1 Conceito de margens continentais e plataformas continentais.

Margens continentais representam a zona de transição entre os continentes e as bacias oceânicas e, ainda que estejam submersos, fazem parte do continente do ponto de vista geológico. Existem dois tipos principais nas quais as margens podem ser agrupadas de acordo com sua morfologia e evolução tectônica: as margens do tipo Atlântico e do tipo Pacífico. De uma maneira geral, as margens do tipo Atlântico se caracterizam por sua maior extensão, estabilidade tectônica e acúmulo de espessas camadas sedimentares, sendo também chamadas de margens passivas. As do tipo Pacífico são estreitas e tectonicamente instáveis, sendo denominadas de margens ativas (NETO & SILVA, 2004).

As margens continentais do tipo atlântico evoluem a partir do rifteamento e separação de um continente dando origem a um novo oceano e dois blocos continentais. A margem leste das Américas do Norte e do Sul são exemplos de margem do tipo passiva. Estas apresentam ainda características fisiográficas distintas de acordo com a variação do gradiente batimétrico, plataforma continental, talude continental e elevação continental (NETO & SILVA, 2004; KENNETT, 1982).

Plataforma continental é a extensão submersa dos continentes cuja largura pode variar de poucos quilômetros a mais de 400km. Sua topografia atual é resultante do efeito cumulativo de erosão e sedimentação relacionada a oscilações de larga escala do nível relativo do mar no último milhão de anos e da herança geológica (NETO & SILVA, 2004).

## 2.2 Sedimentos

Os sedimentos da região litorânea podem ser compostos de qualquer material disponível em quantidade e tamanho significantes e a sua composição reflete a fonte do mesmo. A principal fonte de material em regiões costeiras provém dos rios (tabela 2.2.1). Este material, por sua vez, é transportado ao longo da costa por ações de diferentes tipos de correntes (KOMAR, 1976). O transporte de partículas pode ocorrer ainda através do vento, da movimentação de icebergs, através de vulcanismo, ventos, erosão costeira, entre outros processos. Segundo Emery<sup>1</sup> (1968) *apud* VEIGA (2006), a classificação dos sedimentos da plataforma tem como parâmetro principal sua gênese, podendo ser:

Autigênicos – formados por precipitação química.

Orgânicos – derivados de carapaças de foraminíferos, algas calcáreas, etc.

Residual – resultado da erosão de uma rocha sobrejacente.

Reliquiaries – remanescente de um ambiente de sedimentação anterior.

Detríticos – sedimentos recentes fornecidos pelos rios, erosão das falésias, ventos e atividade glacial.

Os sedimentos reliquiaries podem ainda ser subdivididos em sedimentos reliquiaries propriamente ditos, e palimpsésticos ou palimpsestos. O primeiro termo refere-se a sedimentos remanescentes de ambientes anteriores, enquanto que o

---

<sup>1</sup> EMERY, K.O. Relict sediments on continental shelves of the world. **Bulletin, American Association of Petroleum Geologists**, V.52, n.3, p.445-464, 1968.

segundo termo descreve sedimentos reliquiais que sofreram retrabalhamento nas condições atuais, apresentando características de ambos os ambientes deposicionais (ALVEIRINHO DIAS, 2004b).

Tabela 2.2.1 - Quantidades estimadas de sedimentos transferidos dos continentes para os oceanos (Fonte: ALVEIRINHO DIAS, 2004a).

Meio de transporte	Fornecimento (10 <sup>9</sup> toneladas)	Porcentagem do total (%)
Rios (esc. Superficial).	18,3	85,9
Vento (transporte eólico)	0,6	2,8
Glaciares (icebergs)	2,0	9,4
Vulcanismo	0,15	0,7
Erosão costeira	0,25	1,2

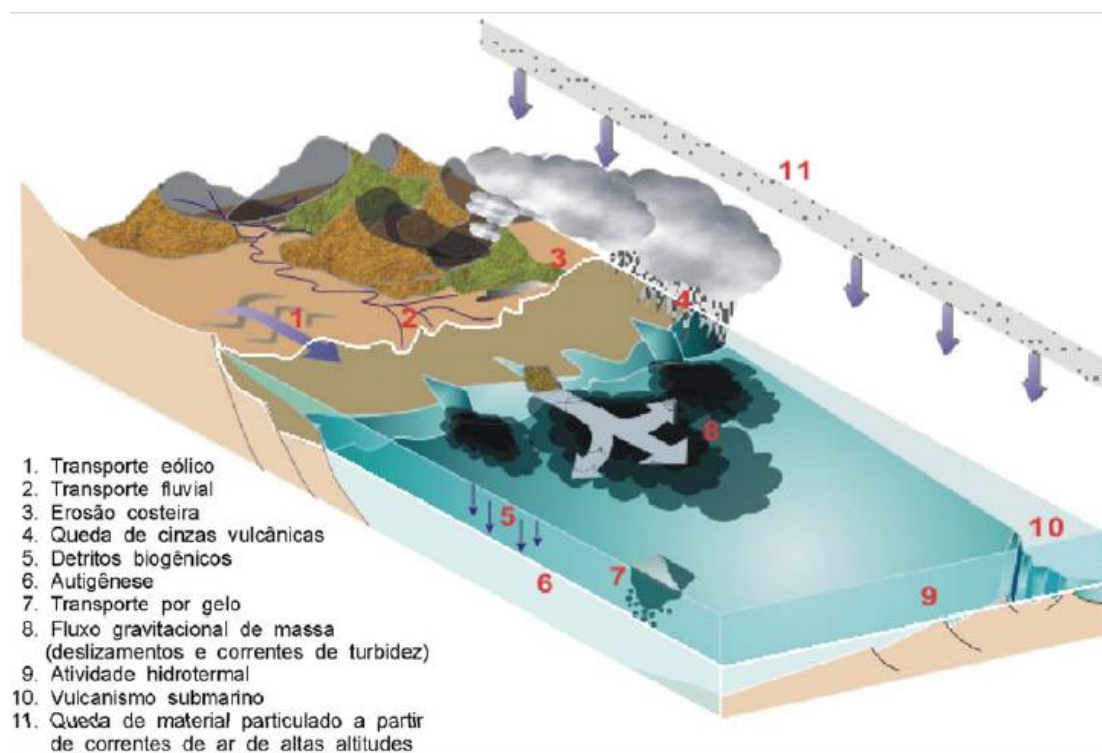


Figura 2.2.1 - Fontes de sedimentos nas bacias oceânicas (Fonte: TEIXEIRA et al, 2000).

## **2.3 Aporte de sedimentos na plataforma interna.**

O balanço sedimentar corresponde à diferença no crédito e no débito de sedimentos, fator determinante na acreção ou erosão da linha de costa. Para que ocorra o acréscimo de sedimentos provenientes da costa, nas plataformas interna e externa, é necessário que estes ultrapassem a cerca de energia costeira (littoral energy fence) proposta por Allen (1970). A cerca de energia ocorre devido ao movimento gerado na zona de arrebentação criando uma tendência de transporte do material em direção à costa (SWIFT & THORNE, 1991). Ainda segundo Allen (1970), este acréscimo pode ocorrer principalmente de três formas:

Pelo recuo da linha de costa durante eventos transgressivos.

Por fluxos de maré vazante em desembocaduras fluviais e estuarinas.

Por fortes correntes de retorno geradas por tempestades.

Os efeitos eustáticos e isostáticos associados aos eventos de glaciação durante o período do quaternário causaram drásticas variações no nível relativo do mar. Há 18.000 anos o nível do mar estava a 120 metros abaixo do atual, assim a maior parte da plataforma continental se encontrava emersa e os grandes rios desembocavam diretamente no talude. A elevação do nível do mar e a conseqüente transgressão marinha modificam a dinâmica do ambiente, podendo transportar o material disponível. Ainda assim sedimentos presentes em áreas atualmente inundadas e que não foram transportados podem ser encontrados nestas regiões (WRIGHT, 1995).

Rios e estuários que descarregam maior quantidade de material em suspensão em suas desembocaduras do que os processos marinhos podem remover são, em termos geodinâmicos, deltaicos. O fluxo de material em suspensão proveniente destes corpos de água forma uma pluma que transporta em sua maioria areia fina, muito fina, silte e argila, podendo atingir a plataforma interna. O material depositado nos deltas e barras, composto geralmente por areias finas e muito finas, é transportado até a zona de surfe pelas correntes de deriva litorânea, sendo movimentado continuamente (Figura 2.3.1). Como estas correntes dependem do

regime de ondas, a movimentação do material será controlada também por este fator (SWIFT & THORNE, 1991).

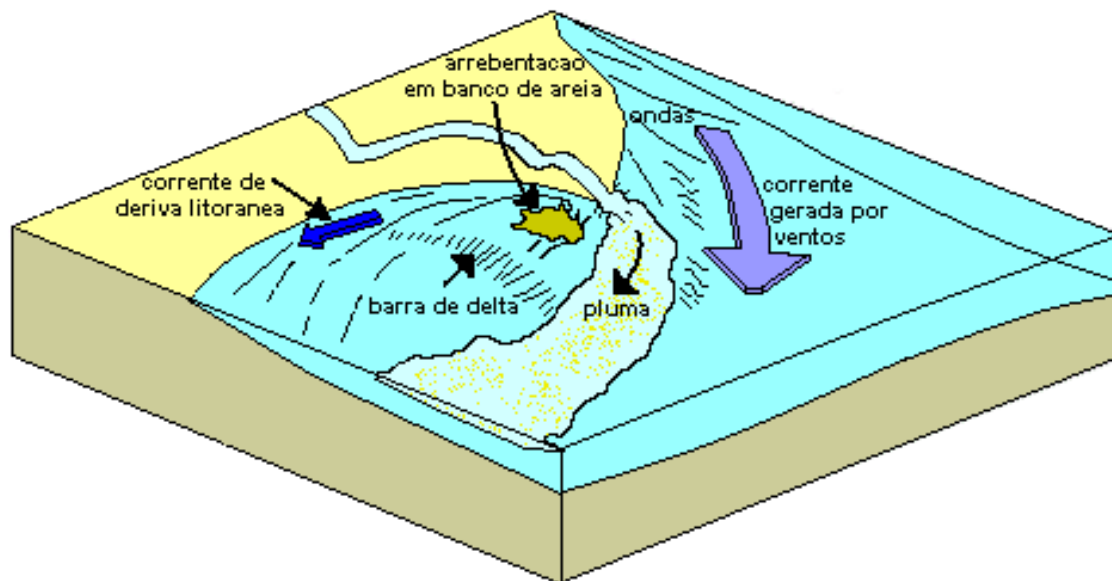


Figura 2.3.1- Dinâmica de desembocadura de rios. A maior parte da areia despejada é retida nos deltas da desembocadura, sendo então transportados para a costa pelas correntes de deriva litorânea. Areia fina, muito fina, silte e argila são transportados pela pluma até a plataforma interna. (Fonte: Modificado de SWIFT & THORNE, 1991).

Durante tempestades, quando as ondas incidem paralelamente à costa, ocorre a formação de correntes de retorno na zona de surfe que carregam material em suspensão até a plataforma, sendo então transportados pelas correntes presentes nesta região. A dispersão resultante apresentaria uma diminuição do tamanho dos grãos e uma seleção progressiva no sentido de mar aberto (Figura 2.3.2). Em regimes deposicionais de desembocaduras e costas abertas, a maioria dos sedimentos é alóctone e, em regimes de deposição resultantes de transgressões marinhas os sedimentos presentes são autóctones (SWIFT & THORNE, 1991; VEIGA, 2006;).

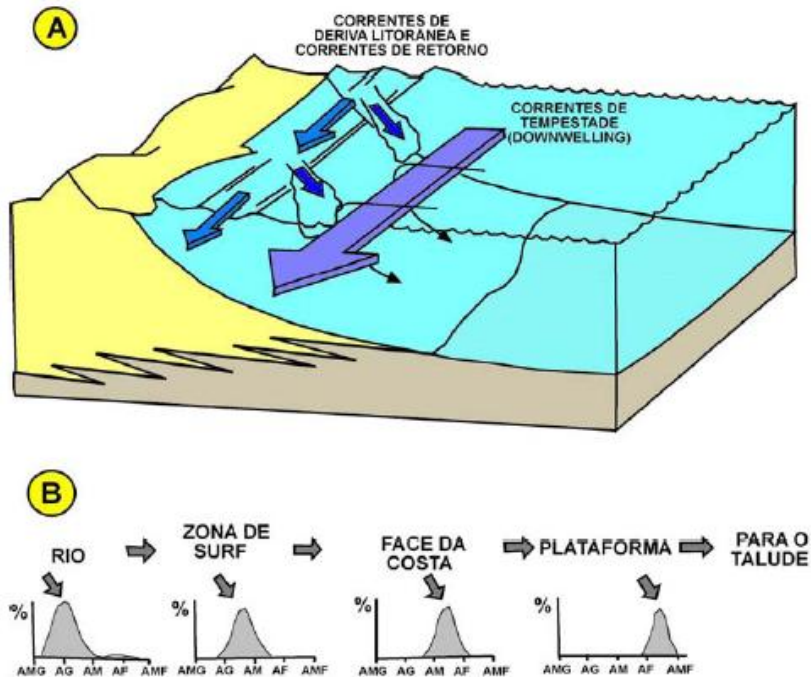


Figura 2.3.2- Esquema representativo da relação entre as correntes, o transporte e a disposição de material em suspensão em uma costa sem rios importantes. A – Mecanismos básicos presentes. B – Diagrama do sistema de dispersão ilustrando a seleção progressiva. (Fonte: VEIGA, 2006 modificado de SWIFT & THORNE, 1991).

## 2.4 Sedimentação em plataformas continentais

Segundo Swift & Thorne (1991), nas margens continentais chamadas de passivas, como no caso do Atlântico Sul, o sedimento alcança as margens continentais através de grandes sistemas de drenagem. As análises dos padrões de sedimentação nestas margens levaram à identificação de um pequeno número de variáveis que determinam a forma de sedimentação das bacias. Estas variáveis são chamadas de geo-históricas e podem ser agrupadas em quatro categorias:

(Q)= A taxa de suprimento de sedimentos e (M)= o tipo de sedimento, conforme a granulometria.

(R)= A taxa e o sentido da variação do nível relativo do mar (NRM).

(D)= A taxa de transporte de sedimento.

(P)= A força do fluido no ambiente.



O aporte de sedimentos (Q) varia em função do clima. A quantidade de sedimentos transportados pelos sistemas de drenagem é maior em regiões de chuvas moderadas; em regiões de chuvas intensas a densa cobertura vegetal limita a erosão das margens dos rios enquanto que em regiões áridas a quantidade de água é insuficiente para transportar uma grande quantidade de sedimentos. O cálculo do aporte de sedimentos é possível de ser realizado, mas o seu resultado pode ser comprometido por fluxos de marés em estuários e a formação de molhes hidráulicos, além de outros fenômenos, que interferem no aporte de sedimentos para algumas regiões. O tamanho médio do sedimento (M) é menor em margens mais antigas do tipo passiva, alimentadas por grandes e integradas bacias de drenagem, pois estas tendem a reter a fração mais grossa da carga recebida e liberar as frações mais finas (SWIFT & THORNE, 1991).

As taxas de variação do nível relativo do mar (R) são medidas em mm/ano, sendo uma resultante dos efeitos de diversos acontecimentos globais e regionais. Estas variações influenciam fortemente o sistema deposicional de plataformas, alterando o perfil de equilíbrio e modificando a posição da linha de costa. As variações climáticas, relacionadas a períodos glaciais e interglaciais, têm grande influência no volume de água armazenado nas bacias, bem como nas mudanças dos sistemas de circulação oceânica. Os ciclos glácio-eustáticos dominaram os registros de variação do nível do mar no pleistoceno (SWIFT & THORNE, 1991).

A função de dispersão através do transporte sedimentar (D) representa o acúmulo temporal de material transportado que estava em suspensão ou no fundo marinho, como resposta à força do fluido (P), das ondas, correntes de ondas e densidade, correntes de maré e correntes de turbidez. A interação destes agentes deposicionais vai variar em espaço e tempo ao longo da bacia, formando uma série de características de deposição condicionadas e integradas pelos fluxos. A ação coletiva destes fatores pode ser responsável pelo transporte sedimentar e pela seleção dos grãos durante esse processo (SWIFT & THORNE, 1991).

A força do fluido (P) é responsável pela ressuspensão e transporte, porém este (P) se torna muito difícil de ser mensurado e quantificado. As maiores fontes de energia são as correntes geradas por ondas de tempestade e marés. Por isso existe a necessidade de se obter dados sobre estas variáveis quando se estuda o transporte de sedimentos. As costas podem ser classificadas como de alta ou de

baixa energia de ondas, dependendo da incidência de ondas na praia e de outros fatores significantes como refração e fricção com o fundo (interferência e transformação das ondas conforme estas se deslocam de águas mais profundas para águas mais rasas). As taxas de transporte sedimentar e a sedimentação alcançam suas máximas variáveis nas desembocaduras de grandes rios e bacias de drenagem. Já as plataformas fora do alcance de grandes rios recebem o sedimento primariamente da erosão da linha de costa (SWIFT & THORNE, 1991).

## **2.5 O conceito de equilíbrio em plataformas continentais.**

Apesar da superfície da plataforma estar sujeita a complexas e variáveis condições hidráulicas em um pequeno espaço de tempo, é possível ser observado um equilíbrio dinâmico de superfície, controlado pelas variáveis dos processos deposicionais. A relação da taxa de aporte de sedimento ( $Q$ ) e a força do fluído ( $P$ ) capaz de removê-lo ( $Q/P$ ) é particularmente importante. Como ambas as variáveis são mensuradas por  $\text{Newton.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$ ,  $Q/P$  é um valor adimensional, podendo ser descrito como índice de suprimento de sedimentos (sediment supply index). Experimentos numéricos indicam que o acúmulo de sedimentos em margens continentais cresce para o lado da base de ondas, a uma profundidade que, durante certo tempo, há suficiente força de fluído ( $P$ ) para transportar sedimentos, a uma dada taxa de suprimento ( $Q$ ). A plataforma se inclina mais abruptamente para o lado do mar na plataforma interna e mais suavemente na plataforma externa. O perfil de aprofundamento é, em parte, um ajuste da perda de energia progressiva da interação ondas/fundo à medida que se propaga em direção a terra. A profundidade de equilíbrio é menor perto da costa devido ao maior suprimento de sedimentos, o que é válido antes que a energia de ondas seja suficiente para transportar ao longo da costa a mesma quantidade de material suprido (figura 2.5.1) (SWIFT & THORNE, 1991).

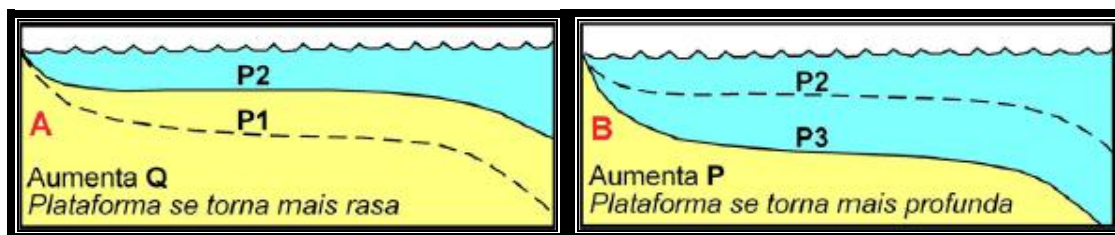


Figura 2.5.1 - Representação de duas situações entre a relação das variáveis Q/P no perfil da plataforma continental. A – Um aumento no aporte de sedimentos (Q) onde o perfil da plataforma se torna mais raso. B – Um aumento na força de transporte dos sedimentos (P),

Durante estes processos, o prisma de sedimentos na plataforma continental desloca-se mar afora até uma região onde dominam processos gravitacionais (talude continental). À medida que esta morfologia evolui, um padrão clinoforme de linhas de tempo se desenvolve no interior da crescente pilha de sedimentos (figura 2.5.2) (SWIFT & THORNE, 1991).

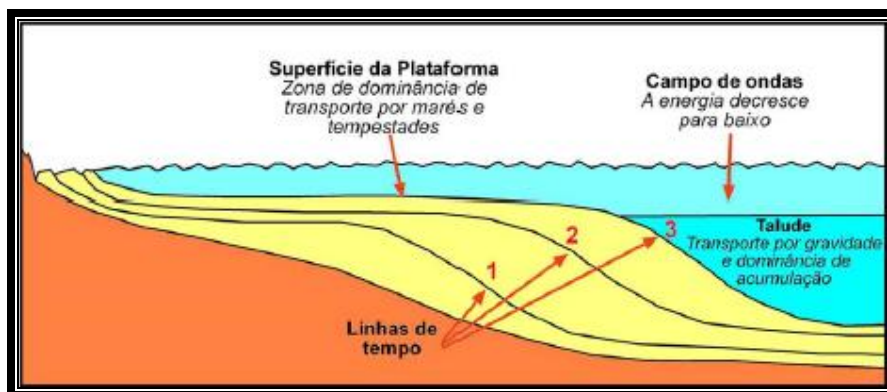


Figura 2.5.2 - Forma de um crescente prisma de sedimento na margem continental: os números indicam as sucessões deposicionais de acordo com a linha de tempo (Fonte: VEIGA, 2006 modificado de SWIFT & THORNE, 1991).

Enquanto as variáveis que são responsáveis pelo acréscimo e retirada do sedimento permanecerem constantes, as características do perfil se manterão estáveis até que uma das variáveis geo-históricas tenha seu valor alterado. Estas mudanças não seriam exemplos de desequilíbrio, mas sim respostas homeostáticas do regime deposicional (SWIFT & THORNE, 1991; VEIGA, 2006).

## 2.6 O conceito de seleção progressiva.

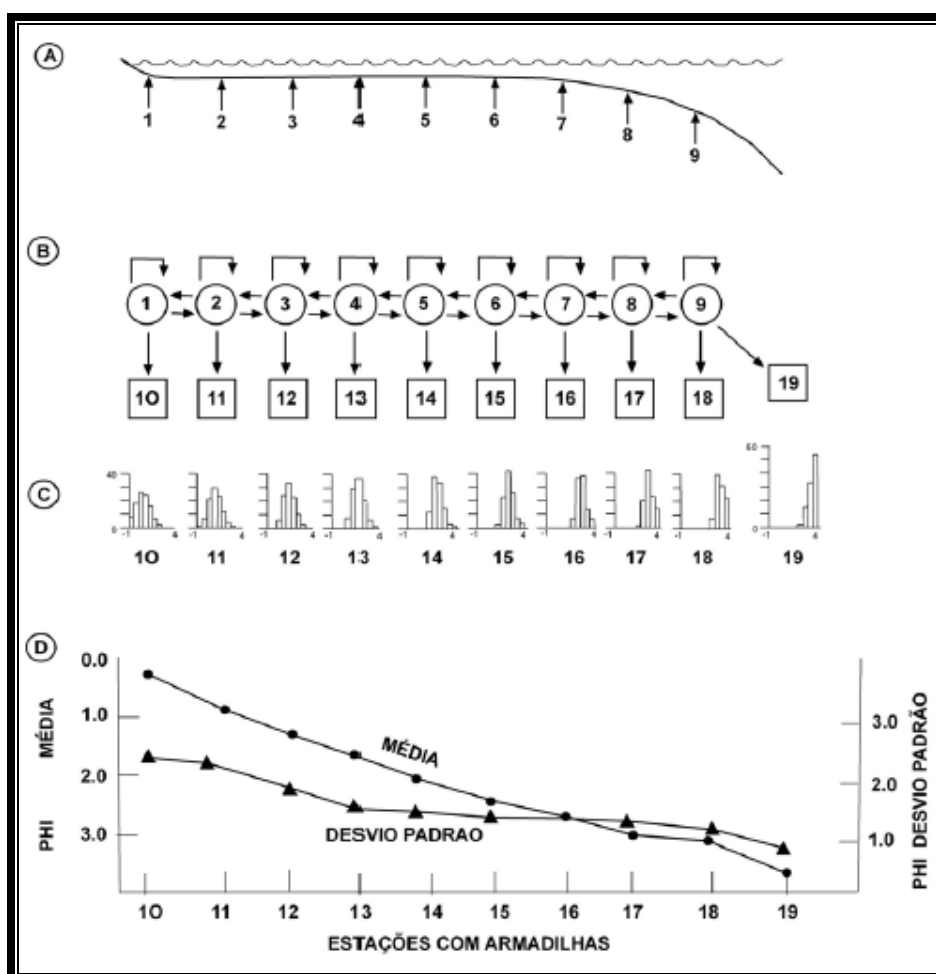
De acordo com Veiga (2006) diversos autores descrevem modelos teóricos sobre a sedimentação em plataformas onde a granodescendência em direção ao mais profundo é consenso. Esta idéia geral é baseada na premissa de que ao longo do transporte fluxo abaixo, um sedimento deve se tornar mais fino e melhor selecionado, onde a capacidade do líquido em suspender e transportar uma partícula em margens continentais é inversamente proporcional à profundidade do perfil devido à diminuição do atrito das ondas com o fundo.

O efeito da seleção progressiva na distribuição granulométrica foi modelado por Swift et al. (1972) através do modelo de Markov. O modelo de Markov é análogo a uma máquina de pinball pela qual os sedimentos devem passar. Para simular a seleção progressiva é necessário considerar um grupo de transição de dez matrizes com uma classe de tamanho de meio phi ( $\Phi$ ) cada (SWIFT & THORNE, 1991). A figura 2.6.1A é um diagrama do perfil da plataforma com nove estações, a primeira é chamada de “estação inicial” e as seguintes “estações transicionais”, por onde as partículas podem entrar e sair. As estações de 10 a 19 (figura 2.6.1B) são chamadas de “estações de armadilha”, por onde o sedimento pode entrar, mas não pode sair, equivalendo a uma partícula depositada permanentemente. A distribuição provável dos sedimentos, em uma dada população normal, está representada na figura 2.6.1C, onde o sedimento depositado ao longo do perfil se torna mais fino e melhor selecionado, ao passo que as partículas mais grossas vão sendo aprisionadas. O resultado da computação dos dados mostra uma queda progressiva no tamanho médio do grão e no desvio padrão ao longo do processo de dispersão do sedimento conforme se segue perfil abaixo (figura 2.6.1D) (SWIFT & THORNE, 1991).

A seleção progressiva é complexa e pouco compreendida. Existem modificações na lógica deste processo que necessitam estudos mais aprofundados. Quando há a intensificação das correntes sobre uma superfície de granulometria variada, os sedimentos grossos são mais influenciados no carreamento, sendo projetados por distâncias mais longas, enquanto que grãos finos agregados encontram maior resistência ao carreamento. Por outro lado, grãos mais finos em suspensão ocupam uma área maior no fluxo de transporte do que aqueles no assoalho marinho, sendo então mais transportáveis. Ainda, os grãos mais finos

foram os últimos a serem depositados em um evento anterior, e são mais abundantes na superfície do que se estivessem no interior do depósito, tendo, portanto, maior chance de serem ressuspensos (SWIFT & THORNE, 1991).

Também é importante ressaltar que este é um modelo teórico ideal que não leva em conta vários processos presentes na natureza e a influência destes na distribuição de sedimentos ao longo de um perfil de plataforma continental. Se isto for somado a outras variáveis como a herança geológica, as correntes de transporte longitudinal, as variações no nível do mar, a presença de sedimentos relictos, chega-se à conclusão de que o ambiente natural é de modelagem muito difícil (PILKEY<sup>2</sup> et al, 1993 apud VEIGA, 2006).



<sup>2</sup> PILKEY, O. H., *et al.* The concept of shoreface profile of equilibrium: a critical review. **Journal of Coastal Research**, v. 9, n. 1, p. 255-278, 1993.

Figura 2.6.1 – Modelo de Markov para seleção progressiva. A – Perfil da Plataforma B – Chave de Markov, C – Distribuição da frequência de tamanhos de grãos D – Variação média e desvio padrão dos dados. (Fonte: VEIGA, 2006).

Portanto, em plataformas dominadas por ondas onde há suprimento de sedimentos para o sistema (alóctones), o registro sedimentar seria composto por uma sucessão de camadas estratificadas cuja espessura pode variar, sendo que entre elas há o registro das inconformidades erosivas geradas durante os sucessivos eventos de maior energia (SWIFT & THORNE, 1991). Estas relações podem ser observadas nos depósitos da plataforma interna. A taxa de sedimentação é maior na zona de surf, porém, o poder de retrabalhamento do fluído também é elevado, tornando as camadas de sedimentação na zona de surf truncadas. Na parte distal da plataforma interna, as camadas são mais finas, refletindo melhor o registro deposicional (VEIGA, 2004).

## **2.7 Padrões de transporte de sedimentos.**

Os parâmetros granulométricos de um depósito são modificados espacialmente em um ambiente como resposta aos processos de transporte sedimentar, e isto é conhecido como padrão de distribuição granulométrica (GAO, 1996). Identificar a distribuição granulométrica em ambientes deposicionais sempre foi, e continua sendo o maior objetivo da sedimentologia (MCLAREN & BOWLES, 1985).

O estudo entre a relação dos padrões granulométricos e o transporte sedimentar possibilitou inferir padrões de transporte sedimentar (GAO, 1996). A média granulométrica, o coeficiente de seleção e a assimetria seguem um padrão através do qual é possível identificar tendências de direção do transporte e os processos sedimentares de seleção e deposição. Exceções nestas tendências podem ocorrer caso haja mais de uma fonte de sedimentos, processos coesivos em sedimentos finos ou floculação durante a deposição e alteração dos grãos durante o transporte (MCLAREN & BOWLES, 1985).

Segundo MCLAREN & BOWLES (1985), numa distribuição de grãos hipotética e assumindo que os grãos leves têm uma maior probabilidade de serem erodidos e transportados do que grãos mais pesados, os modelos demonstram que:

a) O sedimento em transporte deve ser mais fino, melhor selecionado e com assimetria mais negativa que a sua fonte.

b) O sedimento remanescente deve se tornar mais grosso, melhor selecionado e com a assimetria mais positiva.

c) Depósitos sucessivos podem se tornar tanto mais finos ou mais grossos, mas devem se tornar melhor selecionados e com assimetria mais positiva.

Gao (1996) calcula que para os parâmetros média granulométrica, coeficiente de seleção e assimetria, existem oito tipos básicos de tendência de transporte de sedimentos:

Tipo 1 –  $\sigma_2 \leq \sigma_1$ ,  $\mu_2 \geq \mu_1$  e  $Sk_2 \leq Sk_1$

Tipo 2 –  $\sigma_2 \leq \sigma_1$ ,  $\mu_2 \leq \mu_1$  e  $Sk_2 \geq Sk_1$

Tipo 3 –  $\sigma_2 \leq \sigma_1$ ,  $\mu_2 \geq \mu_1$  e  $Sk_2 \geq Sk_1$

Tipo 4 –  $\sigma_2 \leq \sigma_1$ ,  $\mu_2 \leq \mu_1$  e  $Sk_2 \leq Sk_1$

Tipo 5 –  $\sigma_2 \geq \sigma_1$ ,  $\mu_2 \geq \mu_1$  e  $Sk_2 \leq Sk_1$

Tipo 6 –  $\sigma_2 \geq \sigma_1$ ,  $\mu_2 \leq \mu_1$  e  $Sk_2 \geq Sk_1$

Tipo 7 –  $\sigma_2 \geq \sigma_1$ ,  $\mu_2 \geq \mu_1$  e  $Sk_2 \geq Sk_1$

Tipo 8 –  $\sigma_2 \geq \sigma_1$ ,  $\mu_2 \leq \mu_1$  e  $Sk_2 \leq Sk_1$

onde  $\mu$  é a média granulométrica,  $\sigma$  coeficiente de seleção e  $Sk$  assimetria.

É tecnicamente viável a análise individual de adequação para cada tendência para situações distintas. Por exemplo: ambientes de plataforma continental, medidas de correntes e pesquisas sobre o leito oceânico, geraram resultados independentes nos padrões de transporte de sedimentos. De acordo com este estudo, a combinação dos tipos 1 e 2 se mostraram os mais apropriados para este tipo de análise.

Segundo Gao (1996) existem três processos analíticos para a determinação das tendências de transporte de sedimentos através do programa GSTA (*Grain Size Trend Analysis*):

(1) Os parâmetros de cada estação amostrada são comparados com aqueles das estações vizinhas. Se as tendências tipo 1 ou 2 forem identificadas entre a estação central e alguma das estações vizinhas, então um vetor de tendência adimensional é definido para a estação central. O vetor possui o comprimento de uma unidade e é direcionado da estação com o maior coeficiente de seleção para a estação com um menor valor de coeficiente. Para a identificação de uma estação

vizinha, uma distancia característica ( $D_{cr}$  – escala espacial do estudo) deve ser adotada.

(2) Os vetores de tendência devem gerar um único vetor. Para cada uma das estações amostradas que geraram mais de um vetor uma fórmula matemática transforma estes em um vetor único.

(3) É realizada uma filtragem para a redução de ruídos remanescentes (vetores incompatíveis em termos de direção com os padrões de transporte). Então novamente as estações vizinhas são identificadas a partir da distância característica e filtradas através de uma outra fórmula matemática.

Chang *et al* (2001) propõem para o trabalho de Gao (1996) a utilização de um teste de significância nos vetores residuais para analisar se estes representam realmente as direções preferenciais de transporte de sedimentos. Este estudo resultou na criação do programa GSTAST (*Grain Size Trend Analysis with Significant Test*).

### **3 Caracterização da área de estudo.**

#### **3.1 Caracterização da planície costeira do Paraná.**

A região do presente estudo é adjacente à planície costeira do estado do Paraná. Esta planície se estende ao longo de toda a costa paranaense, e sua formação está associada aos dois últimos movimentos de transgressão e regressão do Quaternário, relacionados aos ciclos glaciais. É, portanto, constituída principalmente por depósitos sedimentares deste período, os quais ainda conservam total ou parcialmente as feições morfológicas originadas durante a sua deposição, como os cordões litorâneos correspondentes a antigas linhas de praias e dunas frontais (ANGULO, 2004).

Esta região também se caracteriza pela presença de dois estuários bem desenvolvidos – Guaratuba e Paranaguá (LAMOUR *et al*, 2004) que são baías típicas de ingressão marinha formadas pela retificação da linha de costa através de sedimentação intensa e da conseqüente deposição de cordões litorâneos em sentido ao mar (BIGARELLA, 2001).



As praias do litoral paranaense foram classificadas por Angulo & Araújo (1996) como oceânicas (mar aberto), oceânicas sob influências de desembocaduras estuarinas e estuarinas ou protegidas, dependendo de sua dinâmica (ANGULO & ARAÚJO, 1996; ANGULO, 2004).

As costas chamadas estuarinas ou protegidas estão localizadas no interior dos estuários e se caracterizam pela presença de mangues, sendo influenciadas principalmente pelas variações da maré. As costas oceânicas são aquelas voltadas para mar aberto e que não apresentam influência significativa das desembocaduras estuarinas, sendo dominadas por ondas e correntes de deriva litorânea, geralmente estando associadas a praias arenosas e aos processos de sedimentação como erosão e deposição de praia (ANGULO, 1996). As costas oceânicas sob influência de desembocaduras estuarinas são morfológica e sedimentologicamente semelhantes às oceânicas, porém apresentam dinâmica mais complexa, sendo dominadas não somente por ondas e correntes de deriva litorânea, mas também por correntes de maré. Estas podem ocorrer em mar aberto, tanto próximo às desembocaduras como na parte interna dos estuários e caracterizam-se por praias arenosas e, em alguns locais protegidos, por pequenas planícies de maré (ANGULO & ARAÚJO, 1996; MARTINS *et al*, 2004).

Além destas características morfológicas citadas, outras feições deposicionais como dunas (ANGULO, 1993, 2004; BIGARELLA, 2001) e deltas de maré (ANGULO, 1999, 2004) foram identificadas na região. As primeiras feições citadas são descritas como sedimentos eólicos que ocorrem na costa do Paraná, próximas ao litoral, sendo denominadas genericamente por cordões dunares costeiros. Podem ser desenvolvidos, entre 20 e 80 metros de largura, podendo atingir 250 metros e até 15 km de comprimento (ANGULO, 1993, 2004). As feições deposicionais arenosas, submersas e semi-submersas, que ocorrem associadas às desembocaduras das baías de Guaratuba e Paranaguá, do canal do Superagui e do Mar do Ararapira, foram interpretadas como deltas de maré (ANGULO, 1999, 2004).

### **3.2 Características sedimentares da planície costeira do Estado.**

Angulo (2004), e outros autores por ele referenciados, descreveram as características sedimentares das planícies com cordões litorâneos como sendo

constituída por areias finas e muito finas, moderada a muito bem selecionadas e de assimetria predominantemente negativa. Estes depósitos apresentam teores de finos de até 20%, e foram interpretados como sendo formados em ambientes de antepraia (*foreshore*) e face litorânea superior (*upper shore face*), correspondentes à pelo menos dois eventos transgressivo-regressivos do Pleistoceno Superior e do Holoceno, segundo características morfológicas e datações carbono 14 (ANGULO, 2004).

As areias presentes nos cordões de dunas entre Matinhos e Pontal do Sul, foram determinadas como bem selecionadas e de assimetria predominantemente negativa. E as praias dominadas por areias finas a médias, bem selecionadas, constituídas principalmente por quartzo e teores variáveis de fragmentos carbonáticos biodetríticos e minerais pesados (ANGULO, 2004).

### **3.3 Ararapira e região adjacente.**

A região do Ararapira está situada no extremo sul paulista e no litoral norte paranaense, sendo que sua divisão política se dá pelo esporão arenoso do Ararapira, denominado como enseada da Baleia em sua porção oceânica. Esta região abrange uma desembocadura lagunar que, devido à alternância de direções no fluxo da maré, leva ao acúmulo de sedimentos arenosos nos pontos terminais da desembocadura, denominados delta de maré enchente no interior do corpo lagunar e delta de maré vazante na porção oceânica. Estes sedimentos da porção oceânica são retrabalhados pelas ondas, formando a Barra do Ararapira (Figura 3.3.1). O ambiente deposicional desta região se assemelha a um “sistema ilha-barreira” (MIHÁLY, 1997).

Além dos deltas de maré da desembocadura do Ararapira, outras feições com estas características também são encontradas na região, como os deltas de marés vazantes associados à desembocadura do canal de Superagui (IPARDES, 2001). Estas formas resultam da interação de correntes de maré, ondas e correntes de deriva litorânea (ANGULO, 1995).

As praias da região são descritas como retilíneas, sendo separadas por desembocaduras estuarinas e lagunares, e delimitadas em direção ao continente por cordões de dunas frontais que podem atingir até dois metros de altura, com

cobertura vegetal variando de arbustiva a rasteira (ANGULO, 1995). A praia deserta, na Ilha de Superagui, é cortada por uma série de riachos encaixados nos vales entre os cordões da planície costeira paralelos à praia. Quando associados às desembocaduras, as praias recebem influência direta destas, sendo semelhantes morfológica e sedimentologicamente às oceânicas, porém apresentando dinâmicas mais complexas, associadas não somente às correntes geradas por ondas e deriva litorânea, mas também por correntes de maré (MIHÁLY, 1997; IPARDES, 2001).

Em alguns locais, próximos às desembocaduras das baías, foram observadas variações na linha de costa de até 1300m entre os anos de 1952 e 1980. As maiores variações foram observadas na entrada do canal do Superagui e no extremo sudeste da Ilha das Peças. Na Barra do Ararapira foi identificado um deslocamento progressivo de até 1200 metros da Barra para sudoeste, devido à ação das correntes de maré, principalmente as de vazante (IPARDES, 2001).



Figura 3.3.1- Região do Ararapira(Fonte: GOOGLE EARTH).

### 3.4 Parâmetros oceanográficos e meteorológicos.

O regime de ondas da região de Superagui e Ararapira é pouco conhecido, mas as evidências morfológicas da costa indicam correntes de deriva litorâneas predominantes de sul para norte, refletindo o predomínio dinâmico das ondas provenientes de sul e sudeste, associadas aos ventos do anticiclone do Atlântico Sul (IPARDES, 2001). Segundo Portobrás (1983), através de dados obtidos na porção mais a sul da Baía de Paranaguá, atuam na região trens de ondas provenientes de ENE e SSE/SE.

A maré na região é do tipo semidiurna com amplitudes do tipo de micromarés (menor que 2 metros). Nesta região, a amplitude de maré pode ser alterada devido a fatores meteorológicos, como frentes-frias e ventos fortes. Este evento é denominado maré meteorológica e pode ocasionar o “aprisionamento” das águas na costa. Quando não há a presença destes fenômenos meteorológicos, a oscilação do nível médio da maré não atinge valores anômalos (IPARDES, 2001; MIHÁLY, 1997).

Segundo Mihály (1997) as direções preferenciais dos ventos da região seriam dos quadrantes Sul e Leste. Os dados sobre ventos no mês de janeiro e fevereiro de 2007, obtidos de uma estação meteorológica em Pontal do Sul, indicam ventos predominantes dos quadrantes Sul e Leste (Figura 3.4.1.) (LFM, 2007).

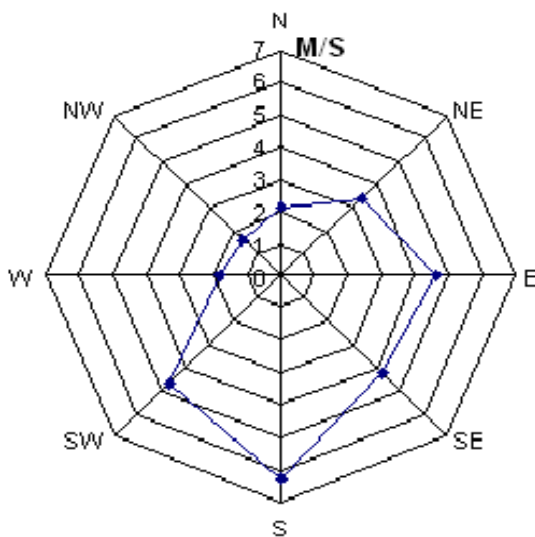


Figura 3.4.1 - Média das intensidades (m/s) e direções do vento jan/fev 2007.

O regime pluviométrico para a região registra para a estação de Antonina 2517,6 mm/ano, que é superior à de Guaraqueçaba (2364,8mm/ano), e ambas são maiores que a precipitação registrada em Morretes (1894,0mm/ano). O número médio de dias com chuva por ano é semelhante entre Antonina (205) e Guaraqueçaba (207), e relativamente mais alto que em Morretes (195). As menores precipitações em todas as estações ocorrem no final do outono e do inverno, nos meses de abril a agosto. Os maiores volumes de chuva ocorrem no verão, nos meses de dezembro a março. A umidade relativa média do ar para a região é de 85%, com pouca variação ao longo do ano. As maiores umidades foram observadas nos meses de março a setembro, correspondendo à primavera e inverno. (IPARDES, 2001).

O clima da região pode ser classificado como do tipo Cfa de Koeppen, descrito como clima sub-tropical, mesotérmico. A temperatura média do mês mais quente está acima de 22°C , e a temperatura do mês mais frio entre 3°C e 18°C . O clima é sempre úmido, com chuvas bem distribuídas durante todo o ano. Esse tipo climático ocorre desde o nível do mar até a altitude dos 700m (IPARDES, 2001).

Noernberg (2001) observou, durante condições de alta energia, através de imagens do satélite Landsat 7, a intensa influência da pluma estuarina do Complexo Estuarino de Paranaguá sob a plataforma rasa adjacente, com esta alcançando uma extensão de 25km costa afora e ultrapassando a isóbata de 20 metros (Figura 3.4.2). Esta influência mostra a importância deste estuário para a região costeira no que diz respeito ao transporte de sólidos em suspensão. Segundo o autor, também é possível observar a formação de mega rip-currents em alguns pontos da costa paranaense durante estes eventos, também sendo possível a observação de uma deriva da pluma estuarina para norte do estuário.

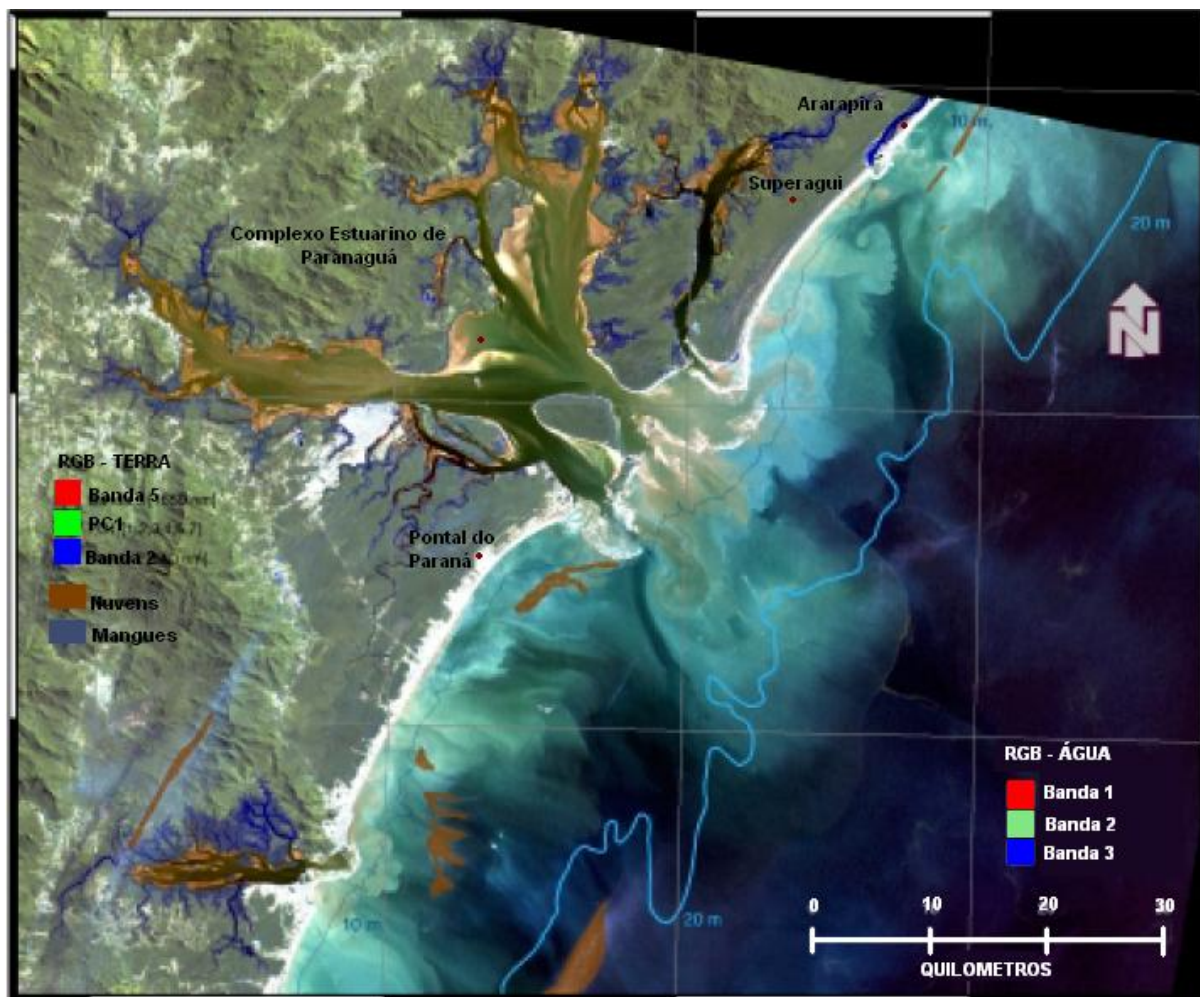


Figura 3.4.2- Imagem do satélite Landsat7-ETM+ de 26/09/1999 (Modificado de NOERNBERG, 2001).

Mihály & Angulo (2002) identificaram dois padrões distintos de deriva litorânea nas adjacências da desembocadura lagunar do Ararapira. O sentido predominante é de NE e está associado à passagem de frentes frias. Quando ocorre um longo período sem a ocorrência destes ventos, as ondas oceânicas de ENE passam a ser predominantes. Neste caso, ocorreria uma inversão da deriva litorânea, cuja direção passaria para SW.

## 4 Materiais e métodos.

### 4.1 Coleta de sedimentos de fundo.

As amostragens de sedimento foram realizadas com equipamento de busca a fundo em 92 pontos previamente definidos e georreferenciados em projeção UTM (*Universal Transverse Mercator*) estabelecidos entre a zona de arrebentação até aproximadamente 4 km costa afora (Figura 4.1.1). O período de coleta foi o mês de Janeiro de 2007.

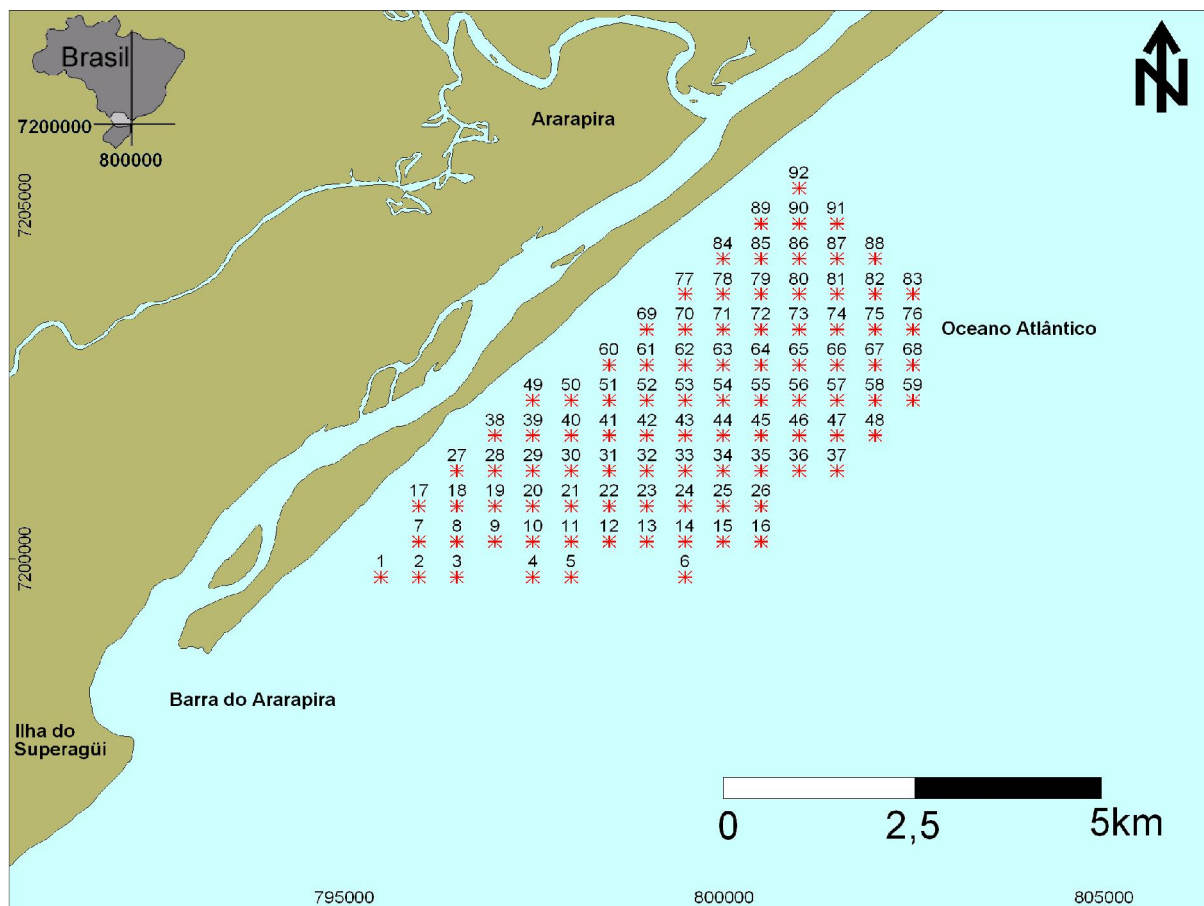


Figura 4.1.1 - Pontos de amostragem de sedimento.

Imediatamente após a coleta (Figura 4.1.2) o material foi acondicionado em sacos plásticos de 20X30 cm e identificado com caneta permanente por fora e com papel para *overlay* colocado na parte interna do saco plástico. Todas as amostras foram congeladas até o momento da análise em laboratório para preservação do teor de matéria orgânica.



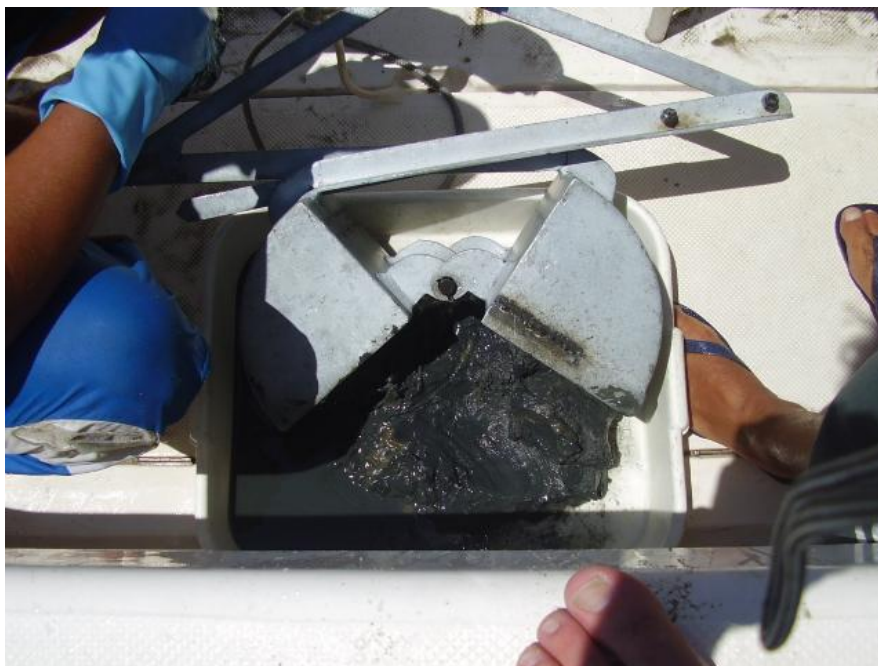


Figura 4.1.2 - Equipamento tipo busca a fundo (Van Veen) utilizado para a coleta de sedimentos.

## 4.2 Análises sedimentológicas.

Após serem descongeladas, parte da amostra foi levada diretamente à estufa para posterior análise dos teores de carbonatos e matéria orgânica (M.O.), a outra parte das amostras foi submetida a dois processos distintos para a granulometria: O material com características de silte e argila foi submetido à queima da matéria orgânica através de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$  30 vol.) e posterior secagem em estufa ( $60^\circ$  a  $70^\circ$  C). O material arenoso foi diretamente levado para a secagem em estufa ( $60^\circ$  a  $70^\circ$ ), pois os valores de silte e argila não são significantes, sendo então a pipetagem desnecessária.

Para obter o teor de carbonato foram tratados 10 gramas de material seco com ácido clorídrico (HCl) à 10% por aproximadamente 24 horas, sendo em seguida lavado com água quente, secado e pesado. A matéria orgânica foi obtida através da incineração em mufla ( $550^\circ$ ) de 5 gramas de material seco durante 60 minutos, sendo pesado após resfriamento.

Após a secagem do material queimado em peróxido foram pesados 50 gramas de sedimento, a amostra foi desagregada com a utilização de 1 grama de defloculante (pirofosfato de sódio), água destilada e agitador mecânico por 15



minutos. Após a desagregação do material este foi separado por lavagem utilizando-se água destilada sobre uma peneira de malha 0,062 mm. O material retido na peneira foi secado e levado para peneiramento, enquanto que o material que atravessou a peneira foi utilizado para a pipetagem com intervalos de  $1\Phi$  como descrito por ZEM *et al* (2005). As areias foram submetidas ao processo de elutriação para remoção das partículas finas e posteriormente secadas para o peneiramento, como descrito por Suguio (1973).

O peneiramento foi realizado de forma mecânica através de equipamento conhecido como *rot-up*, durante 7 minutos em peneiras com intervalos de  $0,5\Phi$ , variando de  $4\Phi$  a  $-1,5\Phi$ . O material retido em cada uma das peneiras foi pesado em balança de precisão com três casas depois da vírgula. Todos estes procedimentos foram realizados no laboratório de Oceanografia Geológica do Centro de Estudos do Mar – UFPR.

### 4.3 Processamento dos dados.

Os dados obtidos foram processados no *Software SysGran 3.0* (CAMARGO, 2006) para a obtenção dos parâmetros estatísticos (média, grau de seleção, assimetria, teor de finos, histogramas) pelo método de McCammon (1962).

Os mapas de distribuição de sedimentos foram confeccionados com o auxílio do programa SURFER<sup>®</sup> 7.0 da *Golden Software Corporation*.

### 4.4 Tendências de transporte de material.

Para a investigação de tendências de transporte de material, os dados da média granulométrica, coeficiente de seleção e assimetria dos sedimentos nos 92 pontos amostrados foram processados nos programas GSTA (*Grain-Size Trend Analysis*) (GAO, 1996), com valor para o fator A foi igual a 1 porque as coordenadas estão em UTM que utiliza sistema métrico, tornando o fator A unitário. A distância característica  $D_{cr}$  foi definida como igual a 1000m pois a maior distância entre as estações amostrais é de aproximadamente 850m. Os dados também foram processados no programa GSTAST (*Grain-Size Trend Analysis with Significant Test*) (CHANG *et al*, 2001), para os quais foi aplicado um valor de repetição das estações igual a 160, uma distância característica ( $D_{cr}$ ) igual a 900m que gerou maior número de vetores válidos e um valor  $t$  igual a 1,645 - equivalente a um intervalo de

confiança de 95%, como sugerido pelos autores. Os resultados foram processados com o auxílio do programa SURFER 7.0.

## **5 Resultados.**

### **5.1 Características sedimentares.**

Segundo os mapas de parâmetros granulométricos gerados (figura 5.1.1) há, em toda a porção da área de estudo, predominância de areia muito fina. Na região mais próxima à costa entre as isóbatas de 5 e 10 metros predominam as areias muito finas e finas, com a presença de areia média na parte central. Entre as isóbatas de 10 e 15 metros ainda predominam as areias muito finas sendo também possível observar uma significativa ocorrência de siltes médio, grosso e fino. Após a isóbata de 15 metros há a ocorrência de areias grossa e média na porção sul da área de estudo e grossa na porção norte, e também de silte médio e grosso na porção norte bem como areias muito finas a finas em toda a área.

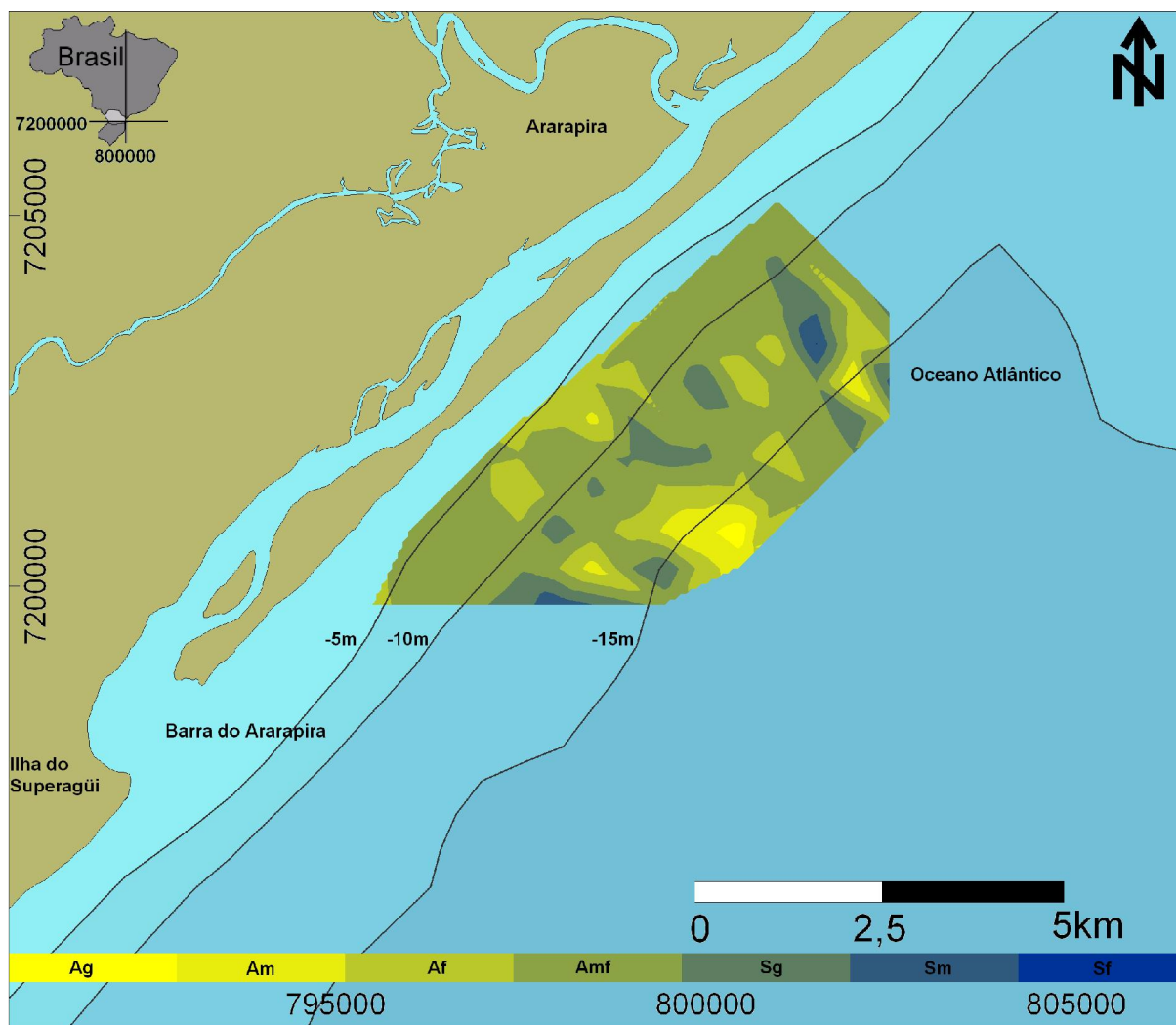


Figura 5.1.1– Média granulométrica da área de estudo. Ag – Areia grossa, Am – Areia média, Af – Areia fina, Amf – Areia muito fina, Sg – Silte grosso, Sm – Silte médio, Sf – Silte fino.

A porcentagem de areia foi de 75% a 90% na maior parte da área estudada. Na porção sul, central e norte as porcentagens foram menores, variando entre 15% a 60% (Figura 5.1.2.). É possível observar que as menores porcentagens de finos se concentram na faixa mais próxima à linha de costa.

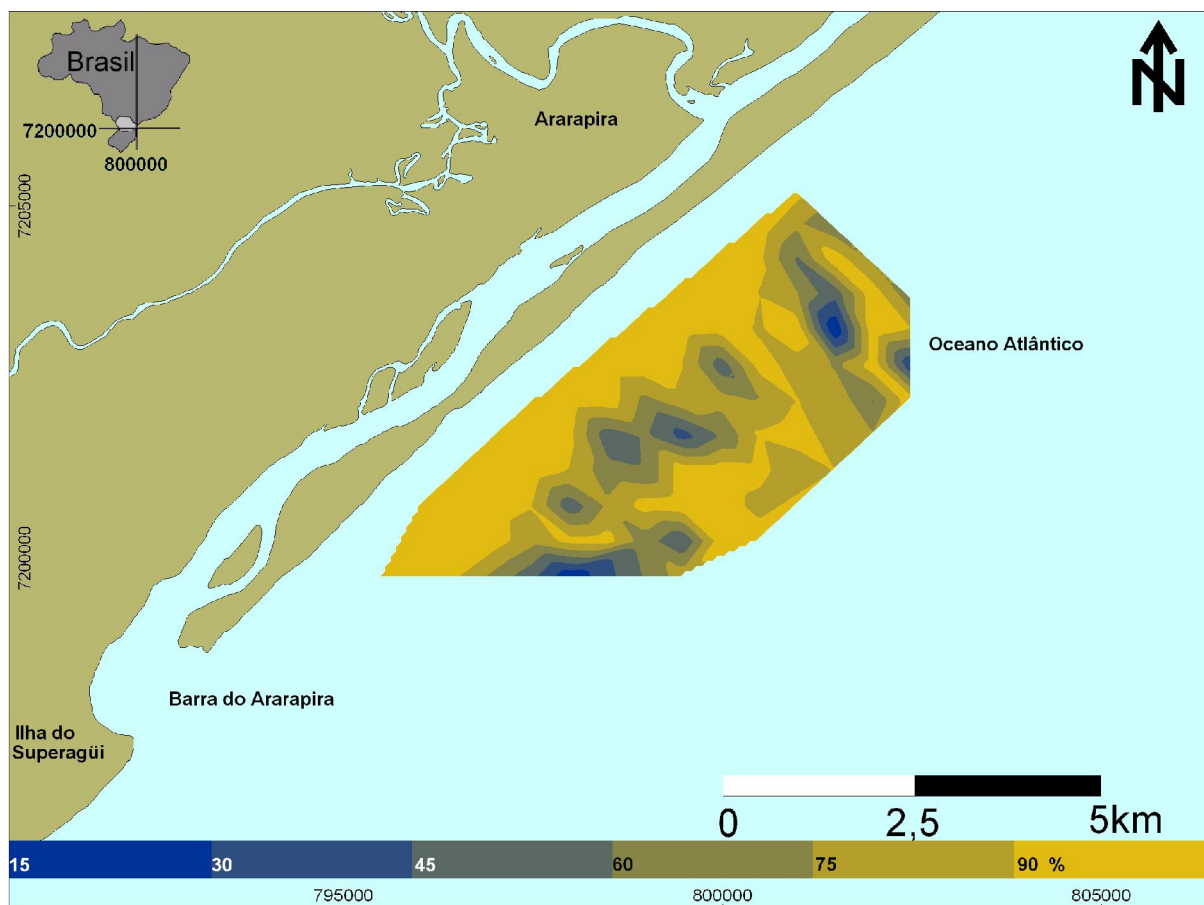


Figura 5.1.2 – Porcentagens de areia nos sedimentos na área de estudo.

Os valores para silte mais argila foram próximos de 0% na maior parte da área estudada. Na porção sul e norte os valores foram os maiores, variando entre 15% a 75% e 15% a 90%. A porção central também obteve valores significativos, variando entre 15% a 45% (Figura 5.1.3).

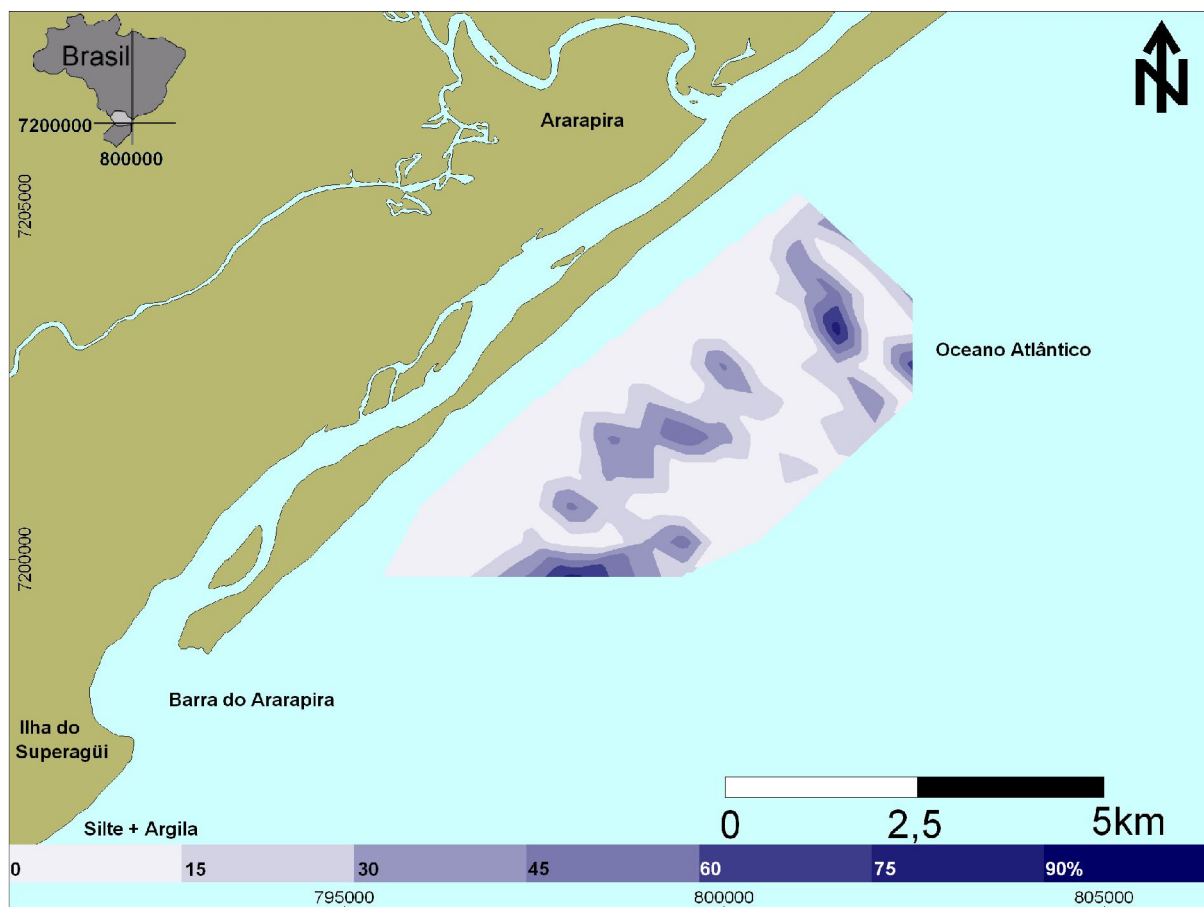


Figura 5.1.3 – Porcentagens de silte e argila nos sedimentos coletados.

O diagrama de Shepard (Figura 5.1.4.) indica que a maior parte dos pontos é classificada como Areia (9), alguns pontos foram classificados como Areia Argilosa (5), Areia Siltica (10) e Silte Arenoso (11) devido à grande quantidade de finos encontrada nos sedimentos. Várias amostras indicadas no diagrama com porcentagem de grânulos maior que 3%, contém fragmentos de conchas. Grânulos de quartzo ocorrem comumente nas areias médias a grossas, sendo raro porém, não inexistente, a ocorrência em sedimentos finos.

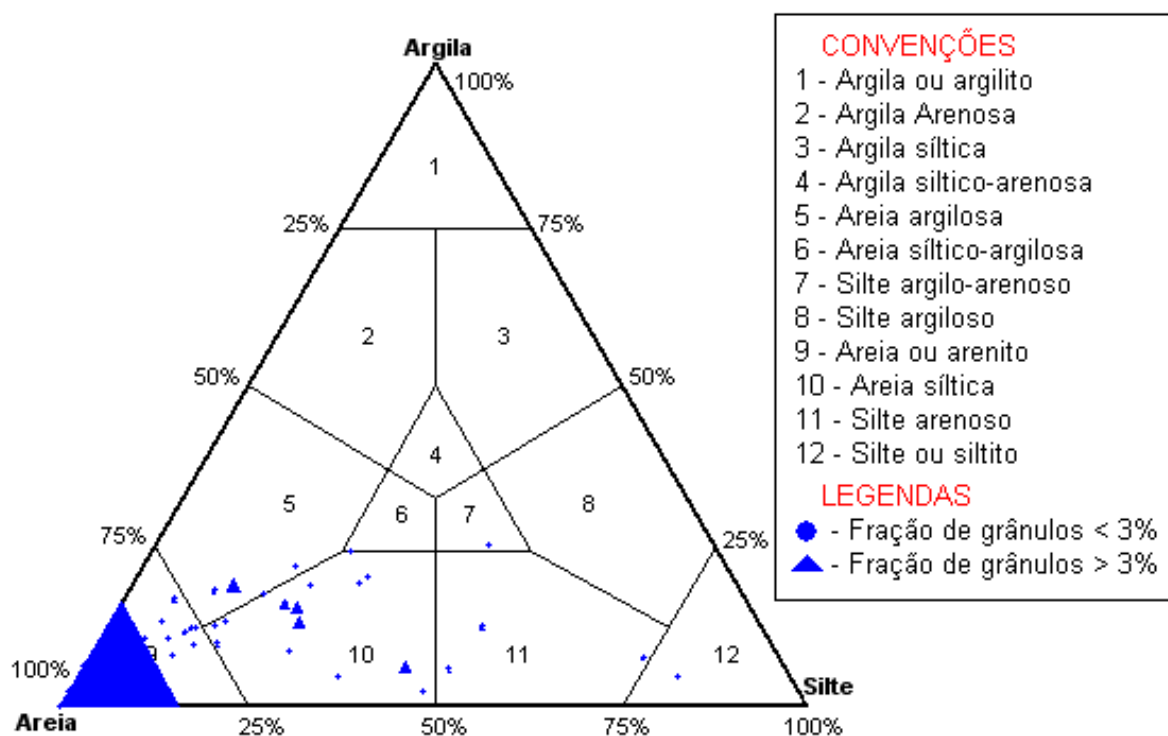


Figura 5.1.4 – Diagrama de Shepard contendo as classificações nominais dos sedimentos analisados.

Os sedimentos foram classificados como muito bem selecionados numa faixa próxima à linha de costa e à barra do Ararapira. Há o predomínio de sedimentos bem selecionados na maior parte da área, sendo que nas porções centrais e norte, após a isóbata de 10 metros, os sedimentos foram classificados como variando de pobremente selecionado a muito pobremente selecionado (Figura 5.1.5.).

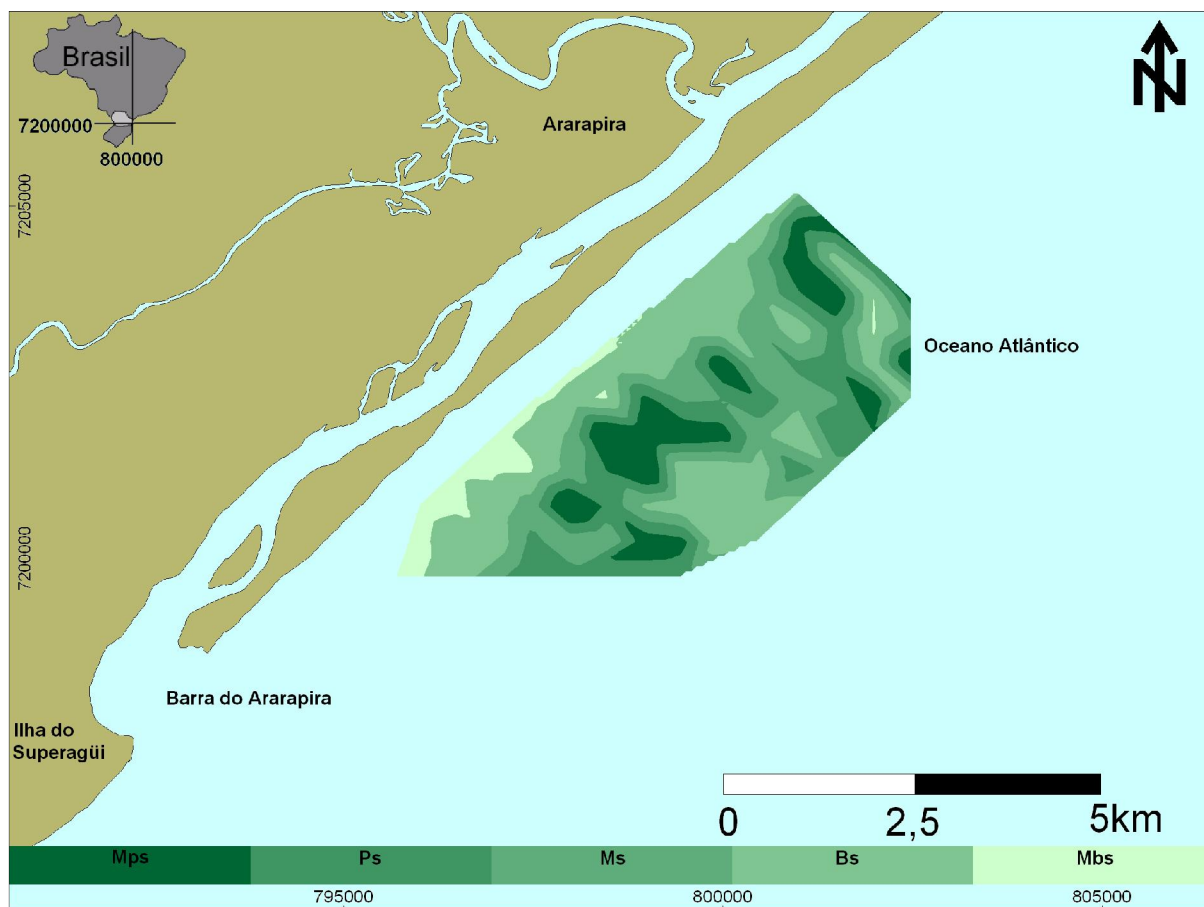


Figura 5.1.5 – Coeficiente de seleção da área de estudo. Mps – Muito pobremente selecionado. Ps – Pobremente selecionado. Ms – Moderadamente selecionado. Bs – Bem selecionado. Mbs – Muito bem selecionado.

O sedimento da área de estudo foi considerado, em termos de assimetria, predominantemente positivo variando para aproximadamente simétrico, mas ainda assim com grande diversificação. O material mais próximo à linha de costa apresentou assimetria negativa a muito negativa. Poucos pontos apresentaram assimetria muito positiva (Figura 5.1.6.).

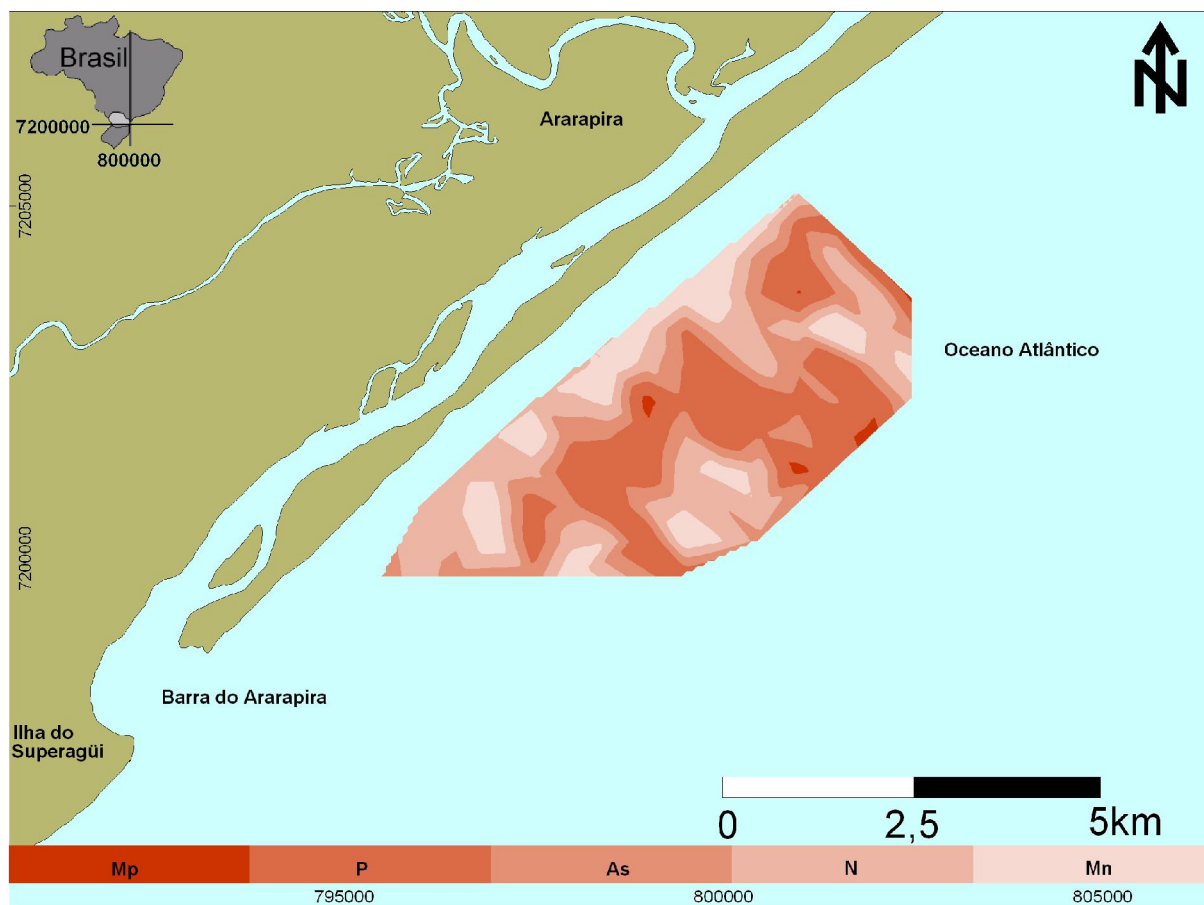


Figura 5.1.6 – Valores de assimetria para a região estudada. Mp – Muito positiva, P – Positiva, As – Aproximadamente simétrica, N – Negativa, Mn – Muito negativa.

As porcentagens de carbonato total variam de 0% a 12% nas amostras de sedimento da área estudada. Mais próximo à linha de costa os valores variam entre 2% e 4%, com estes mesmos valores para uma faixa mais a nordeste da área. Valores entre 8% e 12% foram encontrados no centro da área de estudo e ao norte do centro em manchas esparsas. Porcentagens variando de 2% a 6% foram encontradas em distintas porções da área de estudo (figura 5.1.7.).



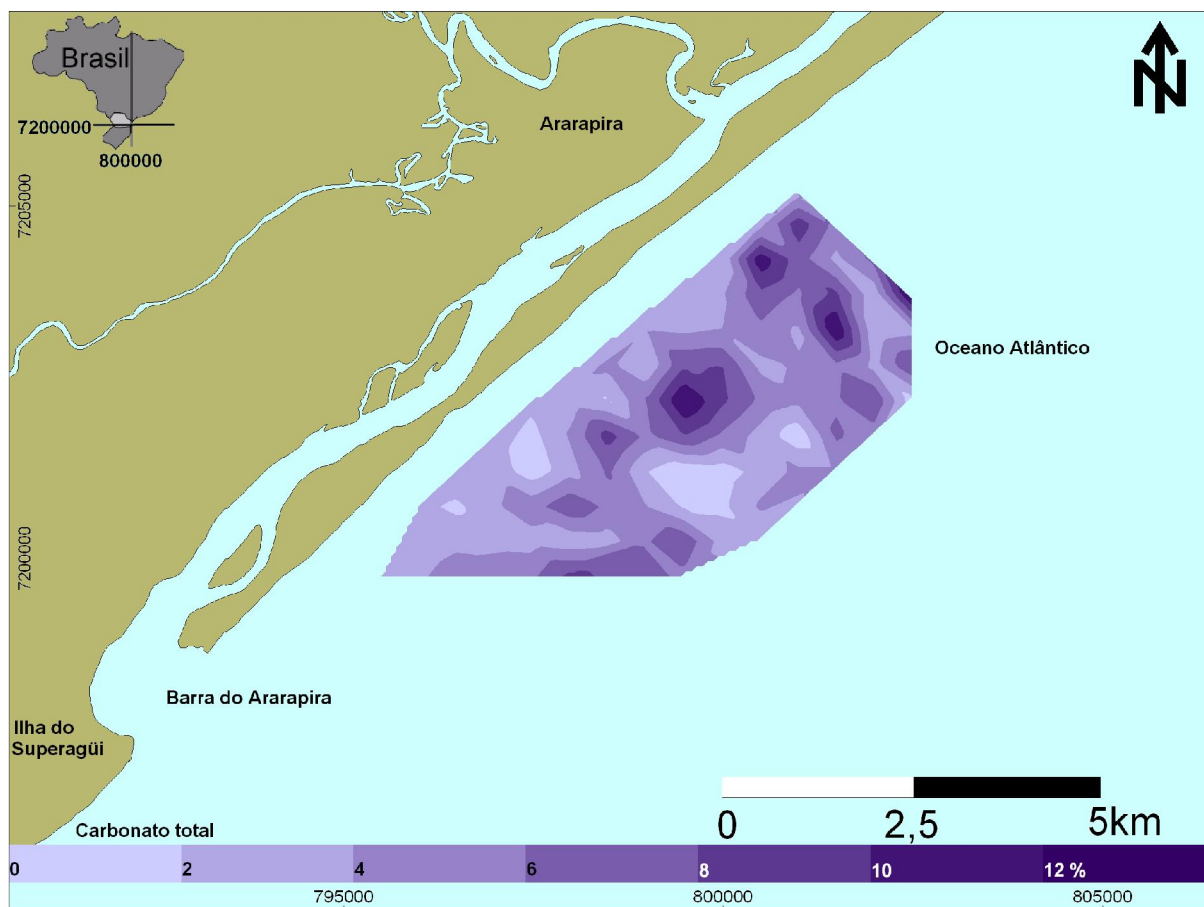


Figura 5.1.7 – Teores de carbonato total.

Os teores de matéria orgânica nos sedimentos da área de estudo variaram de 0% a 12%. A faixa mais próxima à linha de costa teve valores próximos de 0% em sua quase totalidade. Na parte norte desta faixa os valores permaneceram entre 2% e 8%. A porção central da área de estudo variou entre 2% a 8%, e a porção sudeste entre 2% a 4%. Os maiores valores foram encontrados na porção nordeste da área de estudo (Figura 5.1.8.).

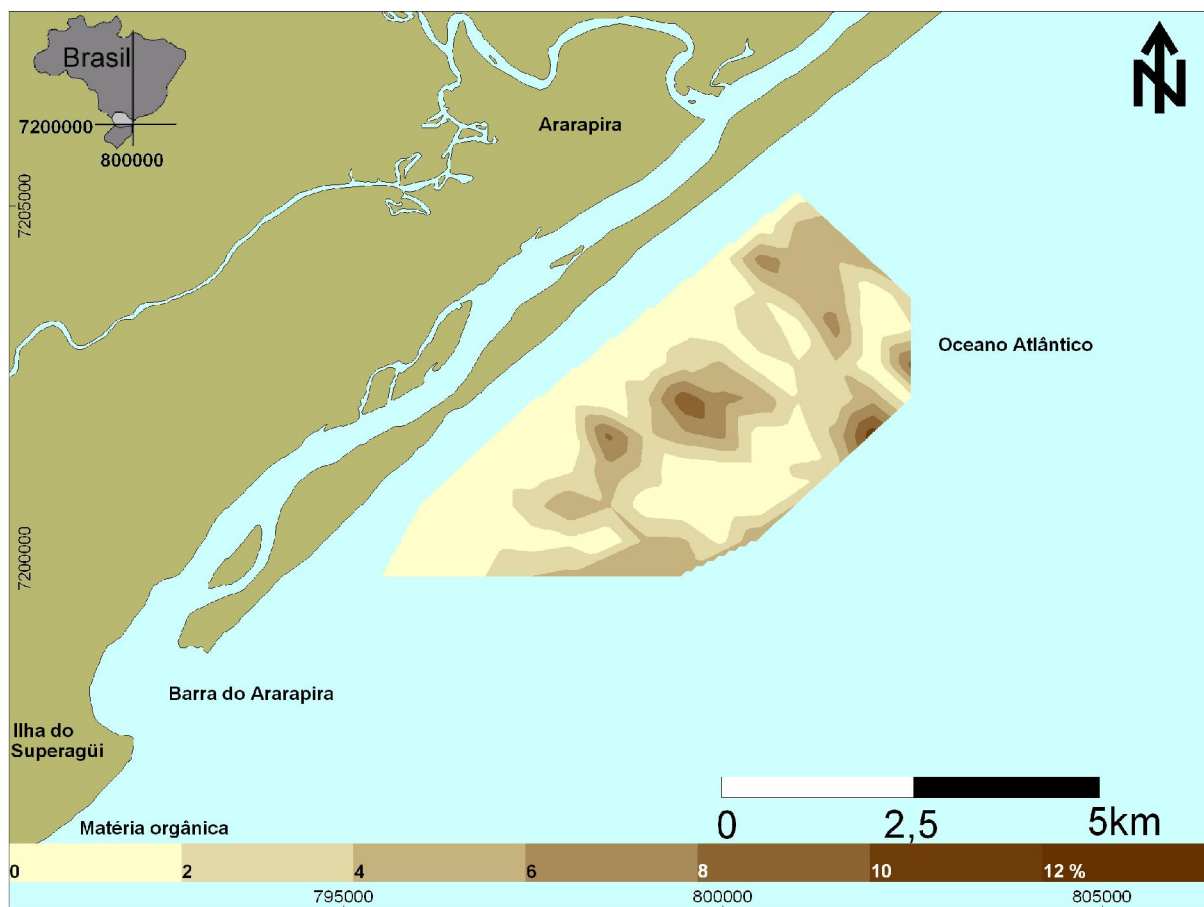


Figura 5.1.8 – Teores de matéria orgânica.

## 5.2 Tendências de transporte de material.

Os vetores gerados através do programa GSTA, que gera vetores para todos os pontos amostrais, indicaram um transporte de material de sul para norte na região estudada (Figura 5.2.1). Os vetores mais significativos encontram-se na porção centro-sul da área.

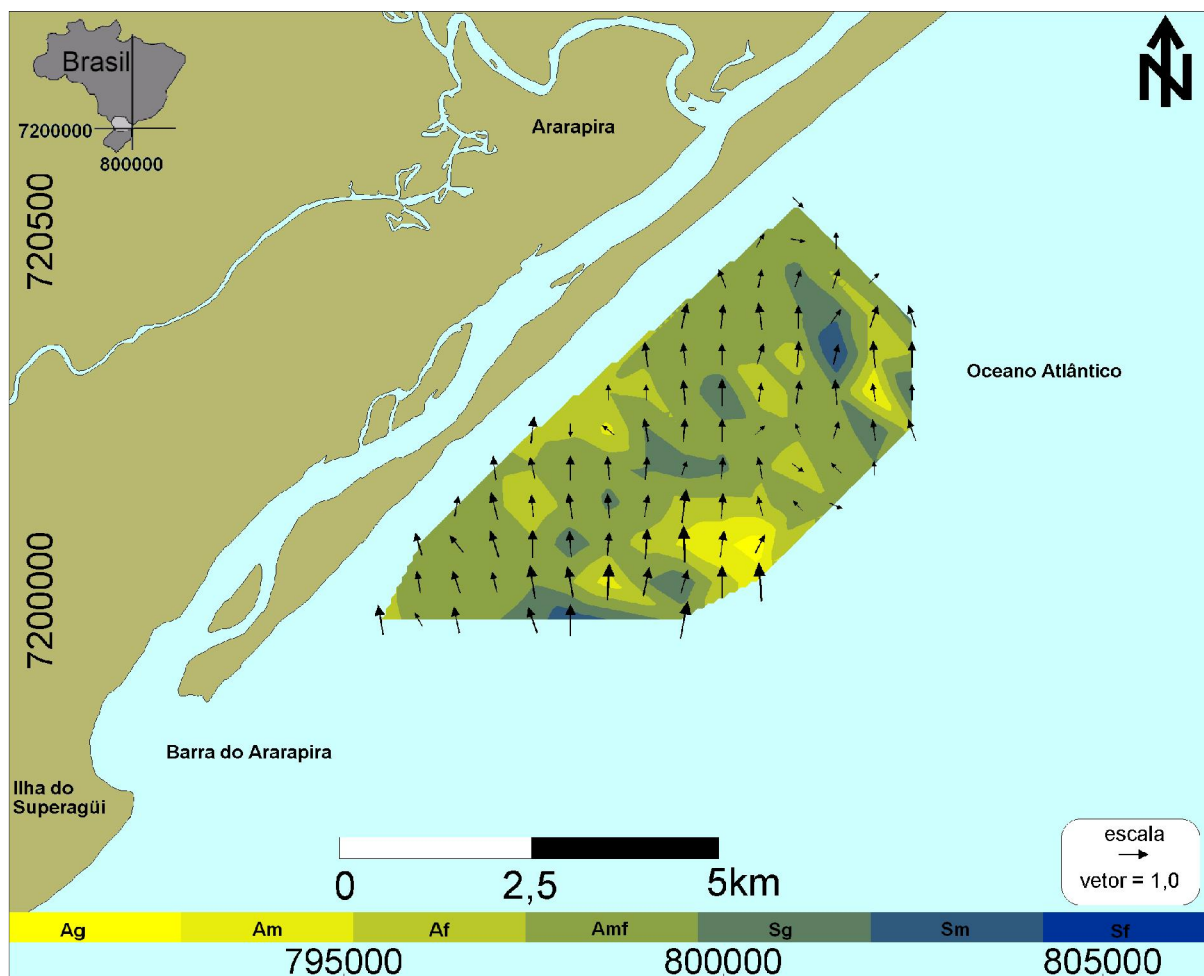


Figura 5.2.1 – Vetores de transporte sedimentar calculados pelo programa GSTA. Ag – Areia grossa, Am – Areia média, Af – Areia fina, Amf – Areia muito fina, Sg – Silte grosso, Sm – Silte médio, Sf – Silte fino.

O programa GSTAST calculou um total de 23 vetores válidos para a área estudada, indicando também um transporte de sul para norte (Figura 5.2.2.). Os vetores mais significativos encontram-se também na porção centro-sul da área estudada.

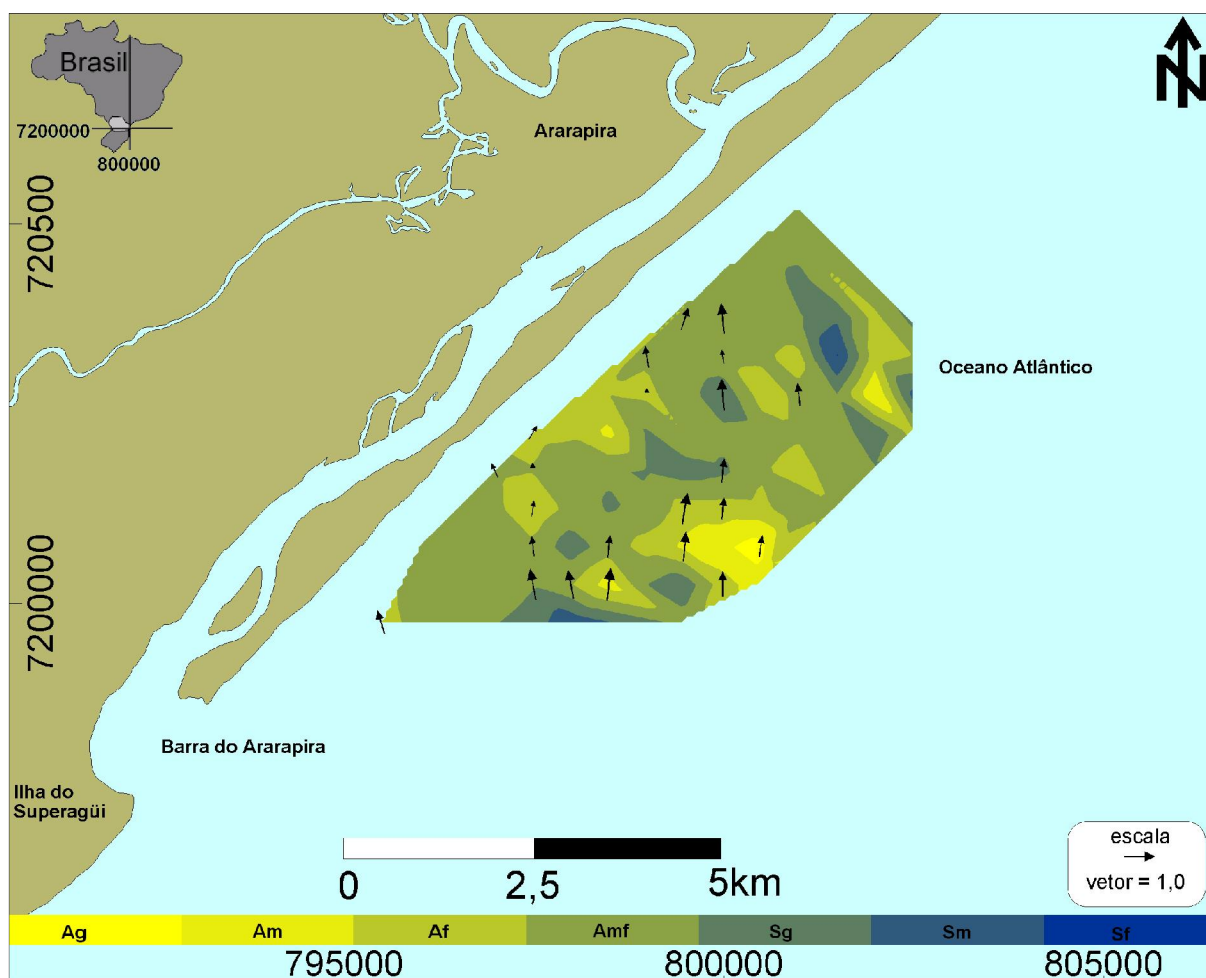


Figura 5.2.2 – Vetores de transporte sedimentar calculados pelo programa GSTAST. Ag – Areia grossa, Am – Areia média, Af – Areia fina, Amf – Areia muito fina, Sg – Silte grosso, Sm – Silte médio, Sf – Silte fino.

## 6 Discussão.

Os meses de maior registro pluviométrico na região do estudo, variam de dezembro a março, o que poderia indicar um maior aporte de material proveniente das bacias de drenagem da planície costeira para a plataforma e, em especial, da Baía de Paranaguá e do Mar do Ararapira. Porém, os dados sobre carreamento de material destes setores estuarinos através de plumas (NOERNBERG, 2001), indicam que as marés e principalmente as marés meteorológicas desempenham um papel fundamental no aporte de material para as plataformas, e por se tratarem de eventos estocásticos torna-se difícil relacionar a entrada de material no sistema de deposição e os meses do ano, não se identificando um padrão sazonal para esta variável.

Durante os períodos de mar mais calmo, as ondas de direção preferencial ENE e SSE/SE seriam responsáveis pelo transporte de material em direção à costa, diminuindo a profundidade do perfil e também alimentando a plataforma interna com o material disposto na plataforma externa durante períodos de alta energia. É possível sugerir assim que, no momento da coleta, o perfil se encontrava em equilíbrio dinâmico e as características granulométricas encontradas seriam o resultado do balanço sedimentar do ano anterior.

Observando os dados granulométricos e os histogramas, foi possível definir seis padrões distintos de sedimentos na área de estudo. A partir destas informações foi confeccionado o mapa de fácies local (figura 6.1.).

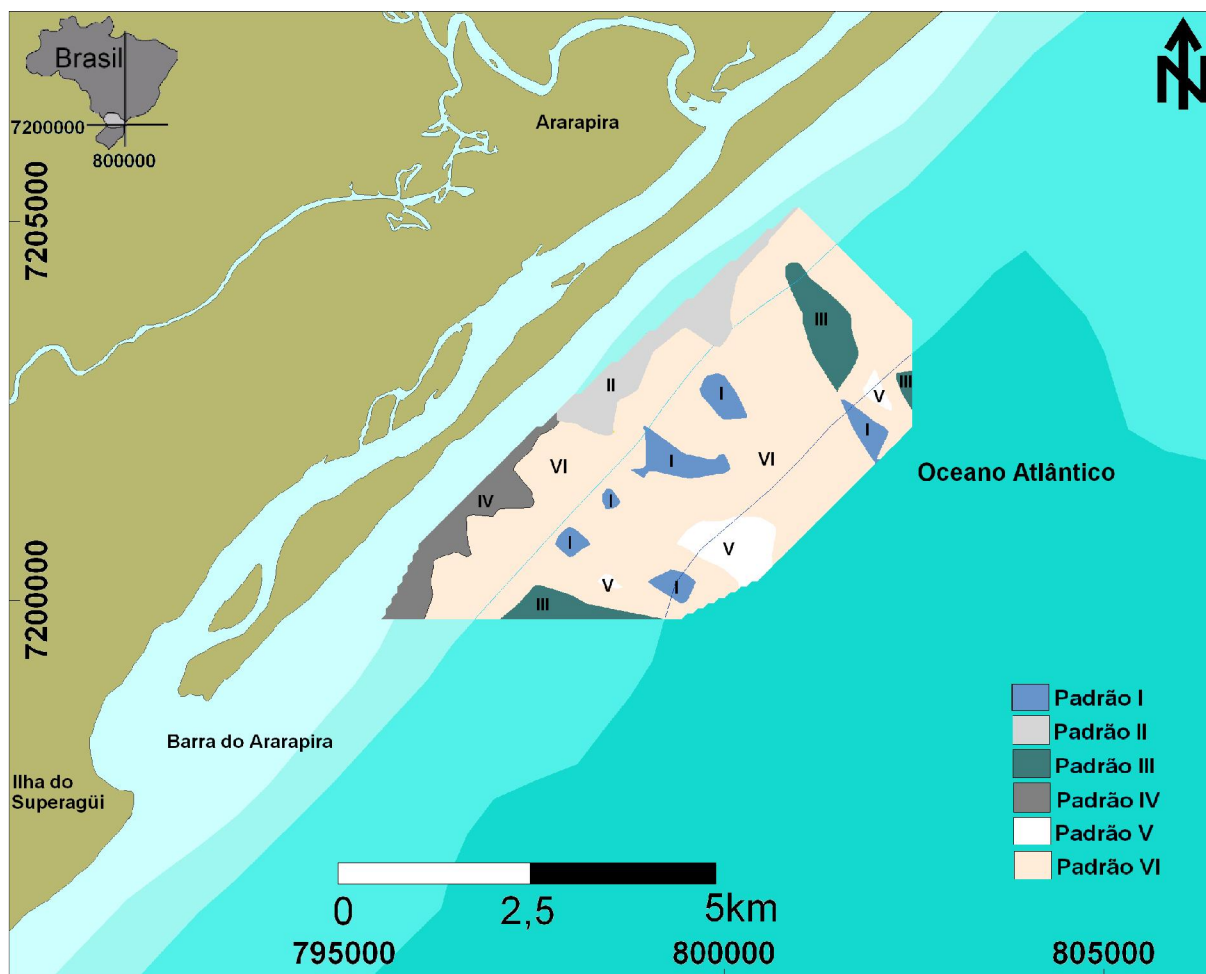


Figura 5.2.1 – Mapa de fácies com os padrões sedimentares encontrados.

Padrão I e III - O padrão I é caracterizado por silte variando de grosso a fino, pobremente e muito pobremente selecionado e com assimetria muito positiva a positiva. O histograma destes sedimentos indica característica bimodal. O padrão III apresenta a mesma característica para a média granulométrica e coeficiente de seleção que o padrão I, porém a assimetria varia de negativa a muito negativa e são unimodais. Os histogramas tipo ilustram esta diferença entre as amostras (figura 6.2.). Aparentemente, podem existir fontes diferentes para o material fino que aporta no local. Os dados de Noernberg (2001) indicam a influência da pluma da baía de Paranaguá nas plataformas adjacentes, inclusive na região a norte desta, além do aporte proveniente do Mar do Ararapira. Porém, seriam necessários maiores estudos para definir esta questão.

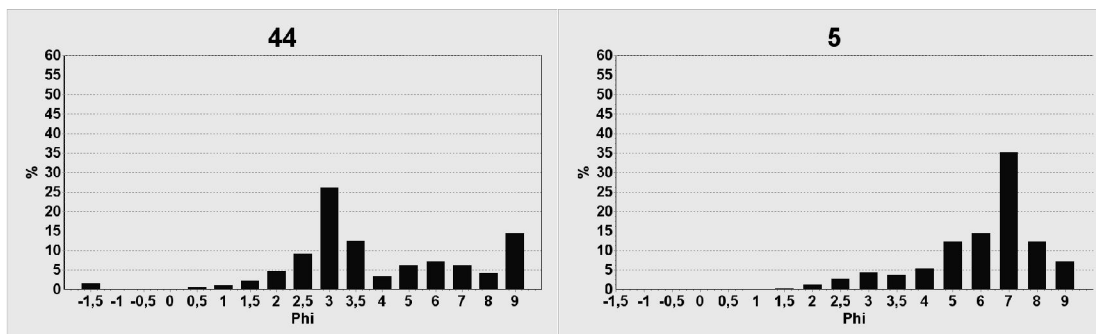


Figura 5.2.2 – Histogramas do padrão I e padrão III respectivamente.

O estudo realizado por Veiga (2006) encontrou poucas ocorrências de siltes na plataforma interna rasa a sul da baía de Paranaguá. Considerando a deriva preferencial de sul para norte relatada para a região, a área estudada por este autor receberia contribuição de material principalmente da baía de Guaratuba. A presença de muito material fino na área contemplada por este estudo, parece indicar a influência da baía de Paranaguá, que exporta grandes quantidades de finos para a plataforma. A importância dos estuários adjacentes no fornecimento de material fino para a plataforma interna deve ser considerada.

**Padrão II** – Este padrão encontrado próximo à costa na porção norte da área de estudo, entre aproximadamente os 5 e 10 metros de profundidade, caracteriza-se por areias muito finas a areias finas, bem selecionadas e de assimetria muito negativa. Os grãos destas amostras se concentraram nos intervalos de  $\Phi$  3, 3,5 e 4, como pode-se observar nos histogramas a seguir (figura 6.3.). São unimodais e refletem um ambiente de maior energia.

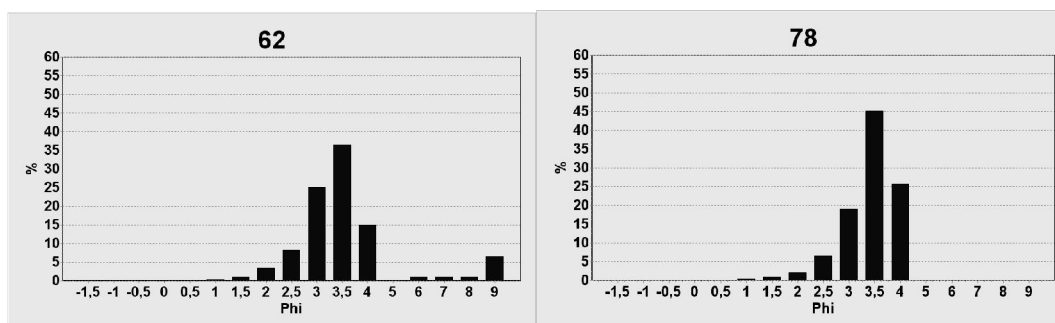


Figura 5.2.3 – Histogramas do padrão II.

Estes histogramas se assemelham aos histogramas do Padrão IV, porém com um menor coeficiente de seleção e a presença de uma pequena quantidade de finos.

**Padrão IV** – Estes sedimentos foram encontrados próximos à zona de arrebentação e à barra do Ararapira na porção mais a sul. São areias finas a muito finas, muito bem selecionadas e de assimetria predominantemente negativa, como demonstrado nos histogramas (figura 6.4.).

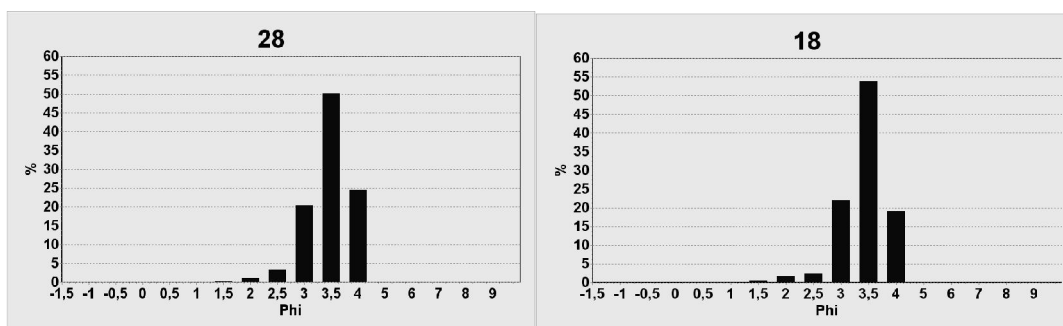


Figura 5.2.4 – Histogramas observados no padrão IV.

Os resultados obtidos por Veiga (2006) na plataforma interna rasa próxima ao delta de maré vazante da desembocadura sul do Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP), se assemelham muito com os obtidos pelo atual estudo. Os histogramas gerados pelo autor referido também são unimodais e com os grãos concentrados principalmente nos intervalos  $\Phi$  3 e 3,5. Neste estudo, contudo, foi possível observar uma significativa concentração dos grãos no intervalo  $\Phi$  4, caracterizando um sedimento mais fino que o encontrado nesta região da desembocadura do CEP.

**Padrão V** – Este padrão foi encontrado nos sedimentos compostos por areias grossa e média, bem selecionados a muito bem selecionados e de assimetria negativa a muito negativa, mostrados nos histogramas a seguir (figura 6.5.).



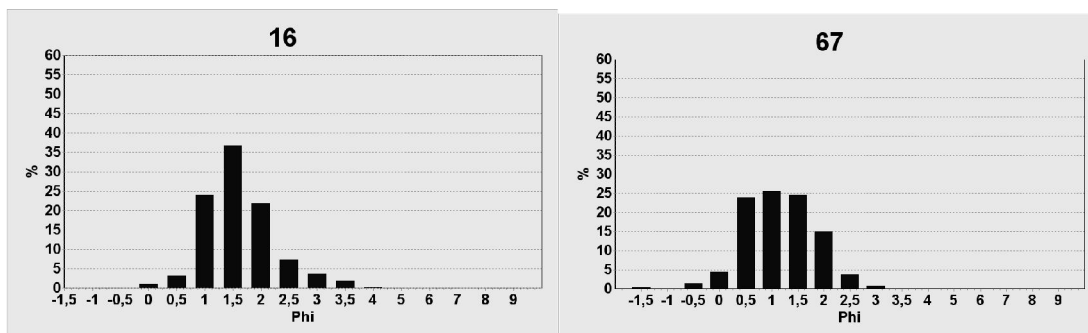


Figura 5.2.5 – Histogramas encontrados nos sedimentos de padrão V.

O resultado encontrado nos histogramas deste padrão se assemelha com os obtidos por Veiga (2006), com grãos distribuídos em várias classes de  $\Phi$  porém sempre unimodais.

**Padrão VI** – O padrão VI indica os sedimentos compostos por areias finas a muito finas distribuídos por toda a área de estudo, porém sem um padrão semelhante entre eles para os coeficientes de assimetria e seleção.

Analizando os mapas de parâmetros granulométricos, bem como os histogramas, pode-se inferir que as areias muito finas e finas muito bem selecionadas e bem selecionadas, encontradas próximas à zona de arrebentação entre as isóbatas de 5 e 10 metros, refletem os efeitos da menor profundidade e o conseqüente aumento da interação das correntes com o fundo nesta região, o que estaria aumentando a seleção através do transporte. Deve ser destacada a proximidade desta região com a Barra do Ararapira na porção sul, cujo material depositado nas barras provavelmente adentra a plataforma interna através das correntes de deriva longitudinal e correntes de maré. Veiga *et al* (2004) encontraram uma relação semelhante na desembocadura sul da Baía de Paranaguá, onde os sedimentos associados ao delta de maré vazante e às barras de arrebentação apresentaram uma melhor seleção devido a condições de alta energia. Mihály & Angulo (2002) identificaram na área padrões de circulação com deriva litorânea para NE e SW, o que sugere que estes movimentos poderiam estar também influenciando o coeficiente de seleção no ambiente bem como o transporte de material.

Partículas de areia fina, areia muito fina, silte e argila são transportadas através das plumas das desembocaduras do Mar do Ararapira e da Baía de Paranaguá, ultrapassando a cerca de energia e sendo depositado em regiões da plataforma onde as ondas de bom tempo não possuem energia suficiente para remobilizar o sedimento. Isto pode ser visualizado neste trabalho a partir da isóbata de 10 metros, onde há uma grande ocorrência de siltes variando de grosso a fino e pobremente a muito pobremente selecionado. Esta mudança nas características sedimentares parece ser o limite externo de interação freqüente das ondas de bom tempo com o fundo, a partir daí, a dinâmica permitiria a deposição deste material, podendo indicar a profundidade de fechamento do perfil (*Closure Depth* –  $D_c$ ) (BRUUN, 1962). É importante frisar que esta profundidade varia de acordo com a energia de ondas, podendo, durante episódios de alta energia, ser deslocado costa afora.

Veiga *et al* (2005) através de análises das formas de fundo, granulometria e estratigrafia identificaram um setor de fechamento do perfil variando entre os 8 e 10 metros de profundidade na plataforma interna rasa entre Pontal do Paraná e Matinhos, porém, este autor cita que os sedimentos com altos teores de finos podem ter sua coesão significativamente aumentada pela presença de organismos bentônicos e matéria orgânica, tornando o sedimento mais resistente ao retrabalhamento pela ação das correntes. Assim, faz-se a ressalva que, mesmo com as evidências encontradas para definir o fechamento de perfil ( $D_c$ ), esta consideração exige estudos mais detalhados.

Os teores de silte e argila encontrados nas amostras classificadas como silte grosso a fino variam de 30% a 85%. Nestes mesmos pontos os teores de matéria orgânica são os mais altos de toda a área (4% a 12%) bem como os teores de carbonato total (6% a 12%), o que poderia significar uma grande presença de organismos neste sedimento.

Porções de areia média à grossa, bem selecionadas a muito bem selecionadas podem ser encontradas a partir da isóbata de 10 metros. Estes sedimentos aparentemente não poderiam ser transportados para esta região através de correntes costeiras e são incompatíveis com o atual sistema de deposição, onde os sedimentos mais grossos se concentram nas desembocaduras dos rios no interior das baías (LAMOUR, 2007). Pode-se sugerir que se tratam de sedimentos

palimpsésticos depositados em condições de nível do mar mais baixo e que foram submersos durante as fases transgressivas. Resultados semelhantes foram encontrados por Veiga *et al* (2004) entre as profundidades de 10 a 14 metros com semelhante grau de seleção, sendo também classificados como sedimentos palimpsésticos. Este autor comenta que estes corpos poderiam ser paleocanais ou paleolinhas de praia afogados.

As taxas de matéria orgânica variam de 0% a 12% em toda a área de estudo sendo que os menores valores estão associados às areias palimpsésticas e às areias finas e muito finas próximas à linha da costa, onde os valores não foram superiores a 2%. Os maiores valores estão associados aos depósitos de silte grosso a fino, onde variam entre 4% e 12%. Provavelmente, estes altos valores estão associados às propriedades coesivas deste tipo de sedimento, que retém a fração orgânica tornando-se um habitat atrativo para diversas espécies bentônicas. Por este fato, as maiores taxas de carbonato total (8% a 12%) também encontram-se associadas aos depósitos de silte grosso a fino. A maior parte da área de estudo apresenta taxas de carbonato variando de 2% a 6%, sendo possível observar durante as análises sedimentológicas a presença de fragmentos de conchas nas amostras. Relações semelhantes entre as taxas de carbonato total/matéria orgânica e a presença de silte e argila foram encontradas por Veiga (2006) na plataforma interna rasa de uma região a sul da área estudada.

Os vetores de transporte de material gerados através do programa GSTA (GAO, 1996) indicam um transporte predominante de sul para norte na região. Os dados de deriva (IPARDES, 2001; NOERNBERG, 2001) corroboram este resultado, possivelmente refletindo o predomínio das ondas de SE e SSE na região. Da mesma forma, os vetores calculados através do programa GSTAST indicam transporte de sul para norte. Ambos os programas foram satisfatórios para esta análise. O programa GSTA encontrou os tipos 1 e 2 dentre os 8 tipos de tendência de transporte, segundo Gao (1996) estes seriam os mais adequados para este tipo de estudo em plataformas. Ainda que McLaren & Bowles (1985) indiquem que os resultados possam ser alterados caso haja mais de uma fonte de material ou processos coesivos em sedimentos finos, o resultado obtido foi considerado válido por estar de acordo com as características oceanográficas descritas para a região.

O modelo de seleção progressiva indica uma granodescendência conforme há um aprofundamento do perfil, mas este padrão não condiz com a realidade encontrada neste estudo, possivelmente por se tratar de um modelo teórico formulado para costas sem influência de rios ou estuários. Como a deriva no estado do Paraná é de sul para norte, a seleção estaria ocorrendo neste sentido. Mesmo assim a grande diversidade de fatores que alteram a dinâmica sedimentar na região não permite que a seleção seja apresentada como nos modelos teorizados.

Finalmente, é importante frisar que o estudo dos processos de erosão e acresção nas plataformas rasas e na região da linha de costa devem ser realizados conjuntamente, a fim de compreender a dinâmica destes ambientes e a relação entre eles.

## 7 Referências.

- ALLEN, J.R.L. Physical processes of sedimentation. **Elsevier**, New York, p.433, 1970.
- ALVEIRINHO DIAS, J. A análise sedimentar e o conhecimento dos sedimentos marinhos (versão preliminar). Disponível em: <[http://w3.ualg.pt/~jdias/JAD/ebooks/Sediml\\_PS.pdf](http://w3.ualg.pt/~jdias/JAD/ebooks/Sediml_PS.pdf)>, 2004a.
- ALVEIRINHO DIAS, J. Evolução do conceito de sedimentos relíquia (versão preliminar). Disponível em: <<http://w3.ualg.pt/~jdias/JAD/ebooks/Reliquias.pdf>>, 2004b.
- ANGULO, R.J. Morfologia e gênese das dunas frontais do litoral do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 23, n.1, São Paulo, p.68-80, 1993.
- ANGULO, R.J. Feições deposicionais associadas às desembocaduras estuarinas da costa paranaense. In: **Congresso da Associação Brasileira dos Estudos do Quaternário**, 5, Niterói – RJ, Resumos expandidos. ABEQUA, 1995, p.58 – 64, 1995.
- ANGULO, R.J., ARAÚJO, A.D. Classificação da costa paranaense com base na sua dinâmica, como subsídio à ocupação da orla litorânea. **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 44, Editora UFPR, p. 7-17, 1996.
- ANGULO, R.J. Problemas na terminologia de ambiente e subambientes litorâneos clásticos dominados por ondas. **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 44, Editora UFPR, p. 51-57, 1996.
- ANGULO, R.J. Caracterização morfológica dos deltas de maré do litoral do Estado do Paraná. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.71 (4-II), São Paulo, p. 935-959, 1999.
- ANGULO, R.J. Mapa do Cenozóico do litoral do Estado do Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 55, Editora UFPR, p. 25-42, 2004.
- BIGARELLA, J.J. Contribuição ao estudo da Planície Litorânea do Estado do Paraná. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Jubilee Volume (1946-2001), p. 65-110, 2001.
- BRUUN, P. Sea-level Rise as a cause of shore erosion. **American Society of Civil Engineers Proceedings. Journal Waterways & Harbour Division**, 88, 117-130 p, 1962.
- CAMARGO, M.G. Sysgran: Um sistema de código aberto para análises granulométricas do sedimento. **Revista Brasileira de Geociências**, Nº 36, p. 371-378, 2006.

CHANG, Y.H. *et al.* A revised Grain-Size Trend Analysis program to define net sediment transport pathways. **Computers & Geosciences**, Vol. 27, p. 109-114, 2001.

DIAS, G.T.M., FIGUEIREDO JR, A.G. Aspectos históricos da exploração científica dos oceanos. **Introdução à geologia marinha**, Org: NETO, J.A.B., PONZI, V.R.A. & SICHEL, S.E. Rio de Janeiro, Editora Interciência, 2004.

GAO, S. A Fortran program for grain-size trend analysis to define net sediment pathways. **Computers & Geosciences**. Vol. 22, Nº4. p.449-452, 1996.

GOOGLE EARTH. Disponível em <<http://earth.google.com/intl/pt/>>.

IPARDES. Zoneamento da Área de Proteção Ambiental de Guaraqueçaba. **Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social**, Curitiba – PR, p. 150, 2001.

KENNETT, J.P. Marine Geology. **Prentice Hall**, New Jersey, 1982.

KOMAR, P.D. Beach processes and sedimentation. **Prentice Hall**, New Jersey, P. 428, 1976.

LAMOUR, M.R. *et al.* Mapas de parâmetros texturais de sedimentos de fundo do Complexo Estuarino de Paranaguá – PR. **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 55, Editora UFPR, p.77-82, 2004.

LAMOUR, M.R. Morfodinâmica sedimentar da desembocadura do Complexo Estuarino de Paranaguá – PR. **Tese de Doutorado**, UFPR, p. 161, 2007.

LFM. Laboratório de Física Marinha – Centro de Estudos do Mar – Universidade Federal do Paraná, 2007.

MARTINS, G. *et al.* Dinâmica da zona rasa de *shoaling* e o transporte de sedimentos na desembocadura sul do Complexo Estuarino de Paranaguá – PR. **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 54, Editora UFPR, p. 51-54, 2004.

MCCAMMON, R.B. Efficiencies of percentiles measurements for describing the mean size and sorting of sedimentary particles. **Journal of Geology**, n. 70, p. 453-465, 1962.

MCLAREN, P. & BOWLES, D. The effects of sediment transport on grain-size distributions. **Journal of Sedimentary Petrology**, v.55, n.4, p. 457-470, 1985.

MIHÁLY, P. Dinâmica sedimentar do litoral norte Paranaense e extremo sul Paulista. **Dissertação de mestrado**, UFPR, 109 p, 1997.

MIHÁLY, P., ANGULO, R.J. Dinâmica da desembocadura do Corpo Lagunar do Ararapira. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 32(2), p.217 – 222, 2002.

NETO J.A.B., SILVA C.G. Morfologia do fundo oceânico. In: **Introdução à geologia marinha**, Org: NETO, J.A.B., PONZI, V.R.A. & SICHEL, S.E., Rio de Janeiro, Editora Interciência, 2004.

NOERNBERG, M.A. Processos morfodinâmicos no Complexo Estuarino de Paranaguá – Paraná – Brasil: Um estudo a partir de dados *in situ* e Landsat-tm. **Tese de Doutorado**, UFPR, p.127, 2001.

PORTOBRÁS - Empresa de Portos do Brasil S.A. Relatório de apresentação das medições meteorológicas observadas em Pontal do Sul, Paranaguá-PR, período set. 1982 a dez. 1986. **INPH**, Rio de Janeiro, p.189, 1988.

SILVA C.G. *et al.* Ambientes de sedimentação costeira e processos morfodinâmicos atuantes na linha de costa. In: **Introdução à geologia marinha**. Organizadores: NETO, J.A.B., PONZI, V.R.A. & SICHEL, S.E., Rio de Janeiro, Editora Interciência, 2004.

SUGUIO, K. Introdução à Sedimentologia. **Editora Edgard Blucher/EDUSP**, São Paulo, p.317, 1973.

SWIFT, D.J.P. *et al.* Shelf sediment transport, a probability model. In: **Shelf sediment transport: processes and pattern**. (Eds SWIFT D.J.P., DUANE D.P. & PILKEY O.H.) Dowden Hutchinson & Ross. Stroudsboung, PA., p.195-223, 1972.

SWIFT, D.J.P.; THORNE, J.A. Sedimentation on Continental Margins, I - a general model for shelf sedimentation. **Special Publication of the International Association of Sedimentologists**, 14, p.3-31, 1991.

TEIXEIRA, W. *et al.* **Decifrando a Terra**, Oficina de textos, São Paulo, p. 558, 2000.

VEIGA, F. A. Sedimentologia, morfologia e dinâmica da face da costa no litoral central do estado do Paraná. **Dissertação de mestrado**, UFPR, p.127, 2004.

VEIGA, F. A. *et al.* Características sedimentológicas da plataforma interna rasa na porção central do litoral Paranaense. **Boletim Paranaense de Geociências**, n.55. Editora UFPR, p. 67-75, 2004.

VEIGA, F. A. *et al.* O limite de remobilização significativa de sedimentos de fundo em uma plataforma rasa dominada por tempestades no litoral do estado do Paraná. In: **X Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário – ABEQUA, 2005, Guarapari**, CD de trabalhos completos, 2005. v. Único, 2005.

VEIGA, F.A. Processos morfodinâmicos e sedimentológicos na plataforma continental rasa Paranaense. **Tese de doutorado**, UFPR, p.193, 2006.

ZEM, R.C. *et al.* Síntesis comparativo de métodos de análisis granulométrico em sedimentos. In: **XI COLACMAR Congresso Latino-Americano de Ciências do Mar e XXV Congresso de Ciências do Mar do Chile**, Viña del Mar, Chile, p.211, 2005.

WRIGHT, L.D. Morphodynamics of inner continental shelves. **CRC Marine Science Series**, Flórida – EUA, 241p, 1995.